



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

Proposta de Implementação de Medidas de Eficiência Energética e Hídrica no Edifício dos Paços do Concelho da Covilhã

Vitor Jorge Nunes Pereira

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Alexandre Borges de Miranda
Orientadora: Prof.^a Doutora Tânia Daniela Felgueiras de Miranda Lima

Covilhã, novembro de 2019

Resumo

Um dos grandes temas da sociedade atual passa pelas alterações climáticas e suas consequências. Consequências essas provenientes de um consumo crescente de energia, sendo a sua maioria de origem fóssil. Aproximadamente 40% da energia final é consumida nos edifícios, tornando-se por isso essencial, racionalizar a energia consumida e utilizá-la da forma mais eficiente possível, como forma de retardar ou até retroceder o processo das alterações climáticas do nosso planeta.

Neste âmbito, o presente estudo pretende determinar possíveis medidas de melhoria do desempenho energético do edifício dos Paços do Concelho da Covilhã, onde se situa a administração local, com o intuito de poder servir como exemplo para os seus cidadãos. Para esse efeito, são apresentadas propostas de implementação de medidas de eficiência energética e hídrica, de modo a reduzir a sua fatura e por consequência, a sua pegada ecológica.

O objetivo principal desta dissertação foi a identificação, em relação à eficiência energética, dos vãos envidraçados, da iluminação e da climatização, e em relação à eficiência hídrica, dos equipamentos sanitários presentes no edifício, com o intuito de os caracterizar e sugerir propostas de medidas que visam aumentar o seu rendimento.

Para a concretização desta dissertação, foi realizado um estudo sustentado com base em pesquisas e análises exaustivas do material técnico e científico, de modo a que sejam apresentadas medidas consistentes com o estudo realizado.

Palavras-chave

Eficiência energética, Eficiência hídrica, Climatização, Iluminação, Vãos envidraçados, Equipamentos sanitários, Alterações climáticas

Abstract

One of today's major society subjects is climate change and its consequences. These consequences come from increasing energy consumption, most of which being from fossil origin. Approximately 40% of the energy consumed in the EU is spent in buildings, making it essential to rationalize the consumed energy and use it as efficiently as possible, in order to slow or even reverse the climate change process on our planet.

In this context, this study aims to determine possible actions to improve the energy performance of the town hall building of Covilhã, where the local administration is located, in order to serve as an example for its citizens. To this end, proposals for the implementation of energy and water efficiency actions are presented, in order to reduce their bill and consequently their ecological footprint.

The main objective of this dissertation was to identify, in relation to energy efficiency, the windows, lighting and air conditioning, and in relation to water use efficiency, the sanitary equipment present in the building, in order to characterize them and suggest proposed actions that aim to increase its efficiency. For this dissertation, a sustained study was carried out based on research and exhaustive analysis of the technical and scientific material, in an effort to present consistent actions with the accomplish study.

Keywords

Energy efficiency, Water efficiency, Climatization, Lighting, Windows, Sanitary equipment, Climate changes.

Índice

Resumo	iii
Abstract	v
Capítulo 1. Introdução.....	1
1.1. Motivação.....	1
1.2. Objetivo Geral e Específicos.....	2
1.3. Metodologia	2
1.4. Estrutura da Dissertação	3
Capítulo 2. Enquadramento Teórico	5
2.1. Eficiência energética em edifícios	5
2.1.1. Características da construção.....	6
2.1.2. Envidraçados	6
2.1.3. Climatização.....	7
2.1.4. Iluminação	8
2.2. Eficiência hídrica em edifícios	9
2.2.1. Equipamentos sanitários	11
Capítulo 3. Enquadramento Legal.....	13
3.1. Desempenho energético dos edifícios	13
3.1.2. Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE)	16
3.1.3. Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS).....	16
3.2. Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE)....	18
3.3. Norma NP EN 12464-1.....	19
Capítulo 4. Componentes de eficiência do edifício	21
4.1. Vãos envidraçados.....	21
4.2. Climatização	26
4.3. Iluminação.....	43
4.4. Eficiência hídrica	58
4.4.1. Autoclismos.....	60
4.4.2. Urinóis.....	61
4.4.3. Torneiras.....	63
Capítulo 5. Caso de Estudo	67
5.1. Recolha de informação	67
5.2. Descrição do edifício em estudo	67
5.3. Envolvente	69
5.4. Vãos envidraçados.....	70
5.5. Iluminação	70

5.6. Sistemas de climatização.....	78
5.7. Água quente sanitária	81
5.8. Instalações sanitárias	81
Capítulo 6. Análise de custos	83
6.1. Consumos e custos com energia elétrica	83
6.2. Consumos e custos com consumo de água	84
6.3. Custos com a iluminação.....	86
6.4. Custos com a climatização	87
6.5. Custo com os Envidraçados	87
Capítulo 7. Propostas de medidas	89
7.1. Proposta para os vãos envidraçados.....	89
7.2. Proposta para a iluminação	89
7.3. Proposta para os sistemas de climatização	97
7.4. Proposta para a eficiência hídrica	99
Capítulo 8. Considerações finais	103
8.1. Conclusões	103
8.2. Limitações e propostas de trabalhos futuros.....	105
Referências	107

Lista de Figuras

Figura 1- Eficiência, vida útil e preço médio dos vários tipos de lâmpadas (Bley, 2012).	8
Figura 2- Interdependência esquemática entre energia e água no nível urbano (Wang & Wang, 2017).	9
Figura 3- Exemplo de edifício com vidro de controlo solar (Jprojetos, s.d.).	23
Figura 4- Exemplo de vidro <i>float</i> incolor (Vitrállica, s.d.).	23
Figura 5- Nomenclatura das faces de composições de vidro plano (Guardian, 2010 cit in Westphal, 2016).	24
Figura 6- Esquema sistema de ar condicionado de zona única (McDowall, 2007).	30
Figura 7- Esquema de sistema Split (McDowall, 2007).	30
Figura 8- Exemplo de um sistema split (Daikin, s.d.).	31
Figura 9- Esquema de sistema de conduta única, reaquecimento por zona e volume constante (McDowall, 2007).	32
Figura 10- Esquema de sistema de conduta única, com volume de ar varável (McDowall, 2007).	32
Figura 11- Exemplo de sistema By-pass box (McDowall, 2007).	33
Figura 12- Esquema de sistema de ar com dupla conduta e volume constante (McDowall, 2007)	33
Figura 13- Esquema de mistura de ar condicionado num sistema multizona (McDowall, 2007).	34
Figura 14- Esquema de Radiador de parede de painel simples e duplo (McDowall, 2007).	36
Figura 15- Exemplo de radiador de parede (McDowall, 2007).	36
Figura 16- Esquema de sistema de piso radiante (McDowall, 2007).	36
Figura 17- Piso radiante (Figueiredo, 2016)	37
Figura 18- Esquema de uma unidade de bobina de ventilação (McDowall, 2007).	37
Figura 19- Exemplo de um ventiloconvector (Enat, s.d.).	38
Figura 20- Esquema de unidade de sistema de indução (McDowall, 2007).	38
Figura 21- Esquema de ciclo de compressão de vapor usado em muitos ar-condicionados (Kreider, 2000).	39
Figura 22- Fluxo de entalpia no ciclo de refrigeração por compressão de vapor (McDowall, 2007).	40
Figura 23- Esquema de chiller com condensador de arrefecimento a água (McDowall, 2007).	40
Figura 24- Esquema de funcionamento de uma caldeira (McDowall, 2007).	41
Figura 25- Esquema representativo de funcionamento de uma caldeira com instalação completa (Silva, 2013).	41
Figura 26- Esquema de fluxo de uma bomba de calor com válvula de reversão (McDowall, 2007).	42

Figura 27- Lâmpada incandescente (Geocities, s.d.).	45
Figura 28- lâmpada de halogénio (CHL, s.d.).	46
Figura 29- Lâmpada de descarga. (Wikipedia, s.d.).	47
Figura 30- Lâmpada de luz mista (Eletricista Consciente, 2015).	48
Figura 31- Lâmpada de vapor de sódio de alta pressão (Barbosa, 2015).	49
Figura 32- Lâmpada de vapor de mercúrio de iodetos metálicos (Eletrone, s.d.).	50
Figura 33- Representação esquemática de uma lâmpada fluorescente (Profelectro, s.d.).	51
Figura 34- Lâmpada de vapor de sódio de baixa pressão (Morais, 2004).	51
Figura 35- Esquema de iluminação LED (Dream Inc, 2013).	53
Figura 36- Facetas de um detetor de infravermelhos passivo (Teixeira, 2006).	57
Figura 37- Detetor de presença PIR (Direct Industry, s.d.).	57
Figura 38- Automático de escada (AKI, s.d.).	58
Figura 39- Distribuição média do uso doméstico de água em Portugal (Vieira, et al., 2007).	59
Figura 40- Exemplo de válvula de dupla descarga ajustável de acordo com o nível de água pretendido (Adaptado de Catálogo BMK, s.d.).	61
Figura 41- Exemplo de descarregador de autoclismo de dupla descarga com regulação (3/6 litros) de classe de eficiência A (Catálogo BMK, s.d.).	61
Figura 42- Exemplo de um fluxómetro (Nicolau & Rosa, s.d.).	62
Figura 43- Exemplo de urinol com sensor infravermelho (HDSafe Technologies, s.d.).	62
Figura 44- Exemplo de urinol com sensor de líquido e termostato (Geberit, s.d. cit in Alves, 2015).	63
Figura 45- Torneira monocomando (a), bicomando (b), termoestática (c), eletrónica (d) e temporizada (e) (Eurotubo, s.d.; El Corte Inglés, s.d.; Leroymerlin s.d.; Casa das torneiras s.d.; Leroymerlin s.d.).	64
Figura 46- Esquema de funcionamento de um arejador (Portal do eletrodoméstico, s.d.).	64
Figura 47- Exemplo de arejador (Docol, s.d.).	65
Figura 48- Exemplo de pulverizador (The singular bathroom, s.d.).	65
Figura 49- Exemplo de regulador de caudal (Costa53, 2011)	65
Figura 50- Imagem representativa do edifício dos Paços do Concelho da Covilhã.	67
Figura 51- Imagem representativa por satélite do edifício dos paços do concelho da camara municipal da Covilhã (Fonte: Google maps).	68

Lista de Tabelas

Tabela 1- Diferentes tipos de vidro fabricados e processados (Adaptado de Westphal, 2016).	22
Tabela 2- Valores de transmitância térmica para alguns tipos de vidro (LBNL, 2015 cit in Westphal, 2016).	25
Tabela 3- Exemplo de propriedades óticas de vidros de controlo solar com diferentes índices de seletividade (Westphal, 2016).	25
Tabela 4- Unidades fotométricas e radiométricas comuns (Cardoso, 2015).	44
Tabela 5- Principais características das lâmpadas Incandescentes (Fernandes, 2008).	45
Tabela 6- Principais características das lâmpadas de halogénio (Fernandes, 2008).	46
Tabela 7- Principais características das lâmpadas de mercúrio de alta pressão (Garrido, 2010).	48
Tabela 8- Principais características das lâmpadas de luz mista (Fernandes, 2008).	48
Tabela 9- Principais características das lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão (Cardoso, 2015).	49
Tabela 10- Principais características das lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão (Santos, 2011).	50
Tabela 11- Principais características das lâmpadas fluorescentes (Cardoso, 2015).	50
Tabela 12- Principais características das lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão (Cardoso, 2015).	51
Tabela 13- Principais características das lâmpadas fluorescentes de alta potência sem elétrodos (Teixeira, 2006 cit in Fernandes, 2008).	52
Tabela 14- Principais características das lâmpadas fluorescentes de alta potência sem elétrodos (Teixeira, 2006 cit in Fernandes, 2008).	53
Tabela 15- Principais características dos díodos emissores de luz (LED's) (Cardoso, 2015).	54
Tabela 16- Área dos diversos pisos do edifício em estudo.	68
Tabela 17- Principais espaços do edifício por piso.	69
Tabela 18- Tipologia por divisão.	69
Tabela 19- Vãos exteriores (un) janelas e portas.	70
Tabela 20- Distribuição da iluminação por piso e respetiva potência.	70
Tabela 21- Descrição dos componentes do sistema de iluminação no piso do rés do chão.	71
Tabela 22- Descrição dos componentes do sistema de iluminação no piso 1.	73
Tabela 23- Descrição dos componentes do sistema de iluminação no piso 2.	75
Tabela 24- Descrição dos componentes do sistema de iluminação no piso do sótão.	76
Tabela 25- Descrição dos componentes do sistema de climatização no piso do rés do chão.	79
Tabela 26- Descrição dos componentes do sistema de climatização no piso 1.	79
Tabela 27- Descrição dos componentes do sistema de climatização no piso 2.	80
Tabela 28- Descrição dos componentes do sistema de climatização no piso do sótão.	80
Tabela 29- Distribuição dos sistemas de climatização por piso e respetiva potência.	81

Tabela 30- Componentes sanitários e respetiva quantidade.	82
Tabela 31- Descrição mensal do total da energia ativa e respetivo custo.	83
Tabela 32- Custo mensal e médio da energia elétrica no edifício em estudo.	84
Tabela 33- Descrição do volume, custos mensal e total do consumo de água.	85
Tabela 34- Custo estimado diário, mensal e anual com as instalações sanitárias.	86
Tabela 35- Custo diário, mensal e anual estimado com o consumo de água.	86
Tabela 36- Custo diário, mensal e anual estimado com a iluminação do edifício.	87
Tabela 37- Custo diário estimado em climatização	87
Tabela 38- Resumo do custo diário, mensal e anual em climatização.	87
Tabela 39- Descrição dos componentes propostos para o sistema de iluminação no piso do rés do chão.	90
Tabela 40- Descrição dos componentes propostos para o sistema de iluminação no piso 1. ...	91
Tabela 41- Descrição dos componentes propostos para o sistema de iluminação no piso 2. ...	93
Tabela 42- Descrição dos componentes propostos para o sistema de iluminação no piso do sótão.	94
Tabela 43- Distribuição da iluminação proposta por piso e respetiva potência.	94
Tabela 44- Comparação da potência instalada do sistema de iluminação atual com o proposto.	95
Tabela 45- Custo estimado diário, mensal e anual com o sistema de iluminação proposto. ...	95
Tabela 46- Comparação do custo anual com a iluminação atual e proposta.	96
Tabela 47- Orçamento estimado com a proposta para a iluminação.	96
Tabela 48- Custo diário, mensal e anual do aquecimento a <i>pellets</i> proposto.	98
Tabela 49- Custo diário, mensal e anual do arrefecimento nos 6 meses de maior calor.	98
Tabela 50- Custo anual em climatização com as medidas propostas.	98
Tabela 51- Diferença entre o custo de climatização atual e proposto.	98
Tabela 52- Consumo diário, mensal e anual estimado com aplicação das medidas propostas.	100
Tabela 53- Comparação entre o consumo diário atual de água com o proposto.	100
Tabela 54- Custo diário, mensal e anual estimado com o consumo de água com as medidas propostas.	101
Tabela 55- Orçamento estimado com a proposta para a eficiência hídrica.	101
Tabela 56- Diferença estimada anual entre o custo com o consumo de água atual e o consumo de água proposto.	101
Tabela 57- Resumo da comparação da situação atual e após implementação da proposta de medidas de eficiência energética e hídrica no edifício em estudo.	105

Lista de Gráficos

Gráfico 1- Descrição da variedade de potência das lâmpadas no edifício em estudo	77
Gráfico 2- Descrição do número total de lâmpadas por piso no edifício em estudo	78

Lista de Acrónimos

Geral:

ADP	Águas de Portugal
BTE	Baixa Tensão Especial
COP	Coefficient of Performance
CPC	Coletores Concentradores Parabólicos
DGEG	Direção-Geral de Energia e Geologia
EDP	Energias de Portugal
EER	Energy Efficiency Ratio
EN	Norma Europeia
EUED	End Use Energy Demand
ERSAR	Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos
FS	Fator Solar
GRP	Gabinete de Relações Públicas
GTI	Grupo de Trabalho Interministerial
HPS	High Pressure Sodium
IEA	International Energy Agency
IES	Institute for Environment and Sustainability
IRC	Índice de Reprodução de Cor
IS	Índice de Seletividade
IV	Infravermelhos
LED	Light-Emitting Diode
LPS	Low Pressure Sodium
NP	Norma Portuguesa
PIR	Passive Infrared Sensor
PNUEA	Programa Nacional Para o Uso Eficiente de Água
PPEC	Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica
PRI	Período de Recuperação do Investimento
PVB	Plivinil Butiral
PVC	Policloreto de Vinila
QAI	Qualidade do Ar Interior
RCCTE	Reglamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RCM	Resolução de Conselhos de Ministros
RECS	Reglamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
REH	Reglamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
RLe	Reflexão Luminosa Externa

RLi	Reflexão Luminosa Interna
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
SAAG	Sistemas de Abastecimento de Água
SCE	Sistema de Certificação Energética dos Edifícios
TA	Torres de Arrefecimento
TL	Transmissão Luminosa
UE	União Europeia
UTA	Unidades de Tratamento de AR
UV	Ultra Violeta

Nomenclatura:

BTU	<i>British Thermal Unit</i>
K	Kelvin
kWh	Quilowatt por hora
LM/W	Lumens por Watt
MHZ	Megahertz
W	Watt
µm	Micrómetro

Capítulo 1. Introdução

Neste capítulo será apresentada a motivação para o desenvolvimento do presente trabalho, os objetivos gerais e específicos que foram definidos para a sua prossecução, a metodologia utilizada e a estrutura desta dissertação.

1.1. Motivação

Com o aumento da população mundial e do seu desenvolvimento económico e social, o consumo de energia tem aumentado muito rapidamente (Hafeznia et al., 2017).

Com o aumento do consumo de energia, os recursos tendem a escassear e as consequências climáticas revelam-se cada vez mais severas, tornando-se assim o uso eficiente de energia cada vez mais importante.

A maioria dos países é energeticamente dependente dos países produtores de combustíveis fósseis, ficando assim sujeitos à oscilação dos preços e a crises políticas que podem colocar em causa o fornecimento dos mesmos (Cota, 2014).

No caso de Portugal, a situação é mais drástica do que a média da União Europeia (UE), pois a dependência energética em 2017 subiu para 79%, tendo, no entanto, atingido um pico em 2005 com valores na ordem dos 89%. De 2010 a 2012 pela primeira vez Portugal reduziu a sua dependência energética para valores abaixo dos 80%, mas tem um comportamento oscilatório (Cota, 2014).

De acordo com os últimos dados do Pordata, em 2017, o setor dos edifícios do Estado Português, consumiu 1.613.938,5 kWh de um total de 47.716.459,41 kWh, ou seja, aproximadamente 3,4% do total do consumo de energia elétrica em Portugal, no caso da Covilhã, representa 0,02%, ou seja, 10.047,44 kWh (Pordata, 2017).

Posto isto, o Programa de Eficiência Energética na Administração Pública (ECO.AP), tem como objetivo obter até 2020, nos serviços públicos e nos organismos da Administração Pública, um nível de eficiência energética de 30% (ADENE, s.d.).

Dada a importância do consumo energético, torna-se cada vez mais importante identificar o *status* atual e o desenvolvimento das tecnologias mais importantes no mercado (Aslani et al., 2017).

Tendo em consideração a base científica e todos os aspetos referidos anteriormente, juntamente com as suas consequências, baseados na sustentabilidade ambiental, aliada a um gosto por esta temática, estimularam a realização da presente dissertação.

A Engenharia e Gestão Industrial, fornece uma formação de proximidade com o contexto real das empresas e das indústrias, o que torna o trabalho mais satisfatório e motivante, daí ter decidido elaborar uma dissertação com aplicações práticas e reais que poderão permitir reduzir os consumos de energia elétrica e de água do edifício em estudo, bem como a sua pegada ecológica.

1.2. Objetivo Geral e Específicos

A presente dissertação tem como objetivo, desenvolver uma proposta de implementação de medidas de eficiência energética e hídrica ao nível das diversas instalações do edifício principal dos Paços do Concelho da Câmara Municipal da Covilhã. Proposta esta que contempla, em relação à eficiência energética, os vãos envidraçados, a iluminação e a climatização e, no que toca à eficiência hídrica, os equipamentos sanitários presentes no edifício em estudo.

Mais especificamente, os objetivos foram a identificação no edifício, em relação à eficiência energética, dos vãos envidraçados, da iluminação e da climatização, e em relação à eficiência hídrica, dos equipamentos sanitários, com o intuito de os caracterizar e sugerir medidas que visam aumentar o seu rendimento, diminuindo também a sua pegada ecológica.

1.3. Metodologia

Pretende-se, através de uma recolha de dados, aferir quais são os principais componentes consumidores de energia elétrica e de água e os seus custos associados, para posteriormente serem apresentadas propostas de medidas que se traduzam numa melhor eficiência energética e consequente diminuição da fatura energética e pegada ecológica.

O processo de investigação decorre por etapas, sendo elas:

- Revisão bibliográfica do estado da arte;
- Identificação e estudo do funcionamento dos elementos consumidores de energia elétrica e água do edifício em estudo;
- Identificação do custo associado aos elementos consumidores de energia elétrica e água;
- Apresentação de um plano de ação.

Para dar suporte a toda a investigação, e de modo a perceber quais seriam as melhores soluções a propor, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre as temáticas em estudo.

1.4. Estrutura da Dissertação

A presente dissertação é dividida em sete capítulos de modo a permitir a compreensão dos principais conceitos teóricos relacionados com a eficiência energética e hídrica em edifícios, e posteriormente uma análise dos resultados e sugestão de medidas de melhoria do desempenho energético do edifício em estudo. Assim, esta dissertação possui a seguinte estrutura:

- **Capítulo 1:** Enquadramento da temática em estudo, definição dos objetivos geral e específicos, a metodologia utilizada e a estrutura da presente dissertação;
- **Capítulo 2:** Apresentação dos conceitos teóricos relativos à eficiência energética e hídrica no edifício dos Paços do Concelho da Câmara Municipal da Covilhã, nomeadamente as características da construção, superfícies envidraçadas, sistemas de climatização, iluminação e quanto à eficiência hídrica, as características dos equipamentos sanitários;
- **Capítulo 3:** Abordagem dos principais âmbitos e objetivos do enquadramento legal do desempenho energético dos edifícios;
- **Capítulo 4:** Apresentação das principais tecnologias referentes aos diversos componentes consumidores de energia elétrica e de água do edifício em estudo;
- **Capítulo 5:** Apresentação do edifício em estudo e de todas as suas características desde a ocupação, a envolvente, os vãos envidraçados, a iluminação, os sistemas de climatização, as instalações sanitárias, os consumos e os custos com a energia elétrica e com a água;
- **Capítulo 6:** Análise dos custos associados a cada componente de eficiência energética e hídrica;
- **Capítulo 7:** Apresentação de medidas de melhoria do desempenho energético e hídrico do edifício em estudo;
- **Capítulo 8:** Apresentação das principais conclusões, limitações e trabalhos futuros.

Capítulo 2. Enquadramento Teórico

No presente capítulo serão expostos os principais conceitos teóricos do estado da arte relativos à eficiência energética e hídrica, dos componentes suscetíveis a melhorias, no edifício dos Paços do Concelho da Covilhã.

2.1. Eficiência energética em edifícios

Pode-se considerar a eficiência energética dos edifícios como a obtenção do máximo conforto de um edifício, sem depender de elevadas quantidades de energia. A eficiência energética dos edifícios tem ganho destaque nos últimos anos dado às poupanças energéticas que é possível atingir (Cota, 2014).

Os municípios desempenham um papel central na implementação de medidas que reduzam a procura de energia de uso final (EUED- End Use Energy Demand) e ofereçam serviços de energia mais eficientes, já que são frequentemente proprietários de infraestruturas envelhecidas. Muitas atividades de modernização (*retrofitting*) são impulsionadas pela necessidade de aumentar a energia e a eficácia de custos, para combater as alterações climáticas, para reduzir os défices orçamentais, para manter níveis adequados de serviços públicos ou para cumprir uma regulamentação crescente (Polzin et al., 2018).

Encontra-se em implementação a 6.^a edição do Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica (PPEC), que tem como objetivo prioritário apoiar financeiramente as iniciativas que promovam a eficiência e a redução do consumo de eletricidade nos diferentes segmentos de consumidores (ERSE, 2017).

Segundo um relatório da Comissão Europeia, 35% do parque imobiliário europeu tem mais de 50 anos e quase 75% é energeticamente ineficiente. Sendo este um facto alarmante, pois considera-se que os edifícios representam cerca de 40% do consumo total de energia final e 36% das emissões de CO₂ na União Europeia (European Commission, 2019).

Com a adoção de comportamentos e medidas de eficiência energética, consegue-se obter uma redução anual de aproximadamente 50% dos consumos e uma redução anual na ordem dos 400 milhões de toneladas de dióxido de carbono, representando quase a totalidade do compromisso da União Europeia no âmbito do Protocolo de Quioto (DGEG, s.d.).

Em 2012, os edifícios em Portugal representavam cerca de 28% dos consumos globais do país, ainda que inferior à média europeia (40%), contudo a tendência é de este valor aumentar como consequência da procura de melhores condições de conforto térmico e pelo aumento de

equipamentos domésticos muitos deles de fraca eficiência energética. Não é suficiente gerir o consumo de energia do ponto de vista de utilizar equipamentos mais eficientes, mas também é necessário fazer uma análise energética às características térmicas do edifício, resultantes da sua localização e envolvente, que influenciam as necessidades energéticas principalmente a nível de climatização (DGEG, 2014).

2.1.1. Características da construção

Com o aumento da população e da sua maior procura pelo conforto, surge a necessidade de infraestruturas cada vez mais sustentáveis, o que conduz ao aumento da procura por soluções energeticamente eficientes. Consequentemente, nos últimos anos a eficiência energética tem ganho destaque, dadas as poupanças energéticas que é possível obter (Cota, 2014).

As características dos elementos que fazem fronteira entre os edifícios e o ambiente exterior, como as janelas, fachadas e os telhados influenciam a qualidade térmica dos edifícios. Contudo podem ser tomadas diversas medidas de eficiência energética, como, a escolha adequada de materiais de construção, aproveitamento de energias renováveis e técnicas passivas de ventilação (Cota, 2014).

2.1.2. Envidraçados

No domínio da eficiência térmica dos edifícios, as superfícies envidraçadas (vidros e janelas) desempenham um papel muito importante (Isolani, 2008).

Cerca de 25%-35% da energia despendida em aquecimento e arrefecimento nos edifícios é desperdiçada devido a janelas ineficientes (Doe, 2011; Jafari & Valentin, 2016 cit in Ariosto, et al., 2019).

Os envidraçados devem ser remodelados com o intuito de reduzir as infiltrações de ar não controladas, aumentar a captação de ganhos solares no inverno, reforçar a proteção da radiação solar durante o verão e melhorar as condições de ventilação natural (Isolani, 2008).

Embora os sistemas de fenestração sejam os componentes de construção mais utilizados para fornecer uma ligação com o exterior, eles também são sempre o elo mais fraco em termos de desempenho dos edifícios (Jafari & Valentin, 2016; Gultekin et al., 2013 cit in Ariosto et al., 2019). Isto deve-se principalmente ao fator U (coeficiente global de transferência térmica, expresso em $W/(m^2 \times K)$), extremamente elevado encontrado nas janelas em comparação com as paredes (Shehabi, et al., Lee & Milliron, 2013 cit in Ariosto et al., 2019).

Para além disso, os envidraçados podem ter um impacto significativo na poupança de energia por meio da iluminação natural (Jafari & Valentin, 2016; Gultekin et al., 2013 cit in Ariosto et al., 2019).

Um dos principais desafios enfrentados pelos proprietários de edifícios é o elevado investimento financeiro associado às atualizações da fenestração (Ariosto & Memari, 2012).

O custo de substituir todas as janelas de um edifício pode ser substancial, sendo geralmente determinado pelo custo da instalação (Ariosto, et al., 2013).

As condições existentes, como o tipo atual de janelas e a idade da construção original, podem aumentar significativamente esse custo. Em muitos casos, o período de recuperação do investimento para a substituição de janelas de vidro simples por janelas de vidro duplo, por exemplo, pode ser até 50 anos em zonas de climas frios. Podendo também este período aumentar à medida que a qualidade das janelas existentes no mercado aumentar (Ariosto & Memari, 2012).

2.1.3. Climatização

Verifica-se hoje em dia uma maior utilização de equipamentos de aquecimento e arrefecimento, devido ao aumento da qualidade de vida e da exigência de conforto no interior dos edifícios, tendo como consequência um grande consumo de energia, responsável pelo aumento da emissão de gases de efeito de estufa (Barbosa, 2013).

Conforme mencionado anteriormente, o consumo de energia nos edifícios na União Europeia, representa cerca de 40% da energia final e 36% das emissões de gases de efeito de estufa, com tendência para aumentar devido à expansão do setor. Contudo, em Portugal, o valor do consumo energético dos edifícios desce para cerca de 30%, sendo ainda assim muito relevante (Passivhaus, 2019).

O atual Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), considera que as condições ambientes de conforto de referência são temperaturas do ar que variam entre 20°C no inverno e 25°C no verão (Matias & Santos, 2013).

De modo a se obterem temperaturas dentro do conforto térmico no interior dos edifícios de forma eficiente, é necessário adotar uma serie de medidas, como por exemplo (EDP, 2006):

- Escolher vestuário adequado à estação do ano, mesmo dentro de casa;
- No inverno, maximizar a entrada da luz solar;
- No verão, evitar a entrada de raios solares diretos durante o dia e facilitar a ventilação natural de noite;
- Evitar climatizar zonas da casa que não são utilizadas.

2.1.4. Iluminação

Na UE cerca de 20% da fatura de eletricidade de uma habitação é devida à iluminação e no setor dos serviços, essa percentagem pode chegar até aos 60% (DGEG, s.d.)

No nosso país, a situação é análoga. No sector doméstico a iluminação representa em termos médios cerca de 12% do consumo de energia elétrica e no sector dos serviços sobe para 20%, existindo em ambos os sectores um elevado potencial de economia de energia que devemos explorar (DGEG, 2002).

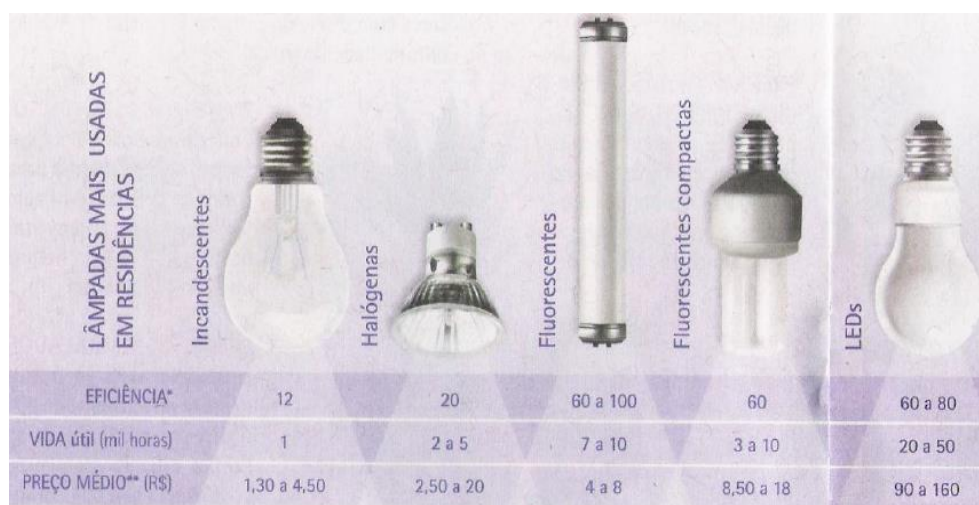
Torna-se, portanto, necessário apostar em tecnologias mais eficientes para melhorar a eficiência dos sistemas de iluminação.

Este é um setor que evoluiu rapidamente nos últimos anos, e onde atualmente há uma grande variedade de opções no mercado para dar resposta às necessidades energéticas relativas à iluminação. Um fator importante na escolha de uma lâmpada é a eficiência energética ou eficiência luminosa, isto é, a quantidade de luz emitida por unidade de potência elétrica consumida, a qual se mede em “Lumens por Watt” e permite comparar a eficiência de diferentes fontes de luz (ADENE, 2010).

Desde as lâmpadas incandescentes, foram surgindo várias tecnologias nos sistemas de iluminação, assim como novos tipos de lâmpadas mais eficientes, mas também com outras características luminotécnicas (Fernandes, 2008).

Os principais tipos de lâmpadas para uso em edifícios são: as lâmpadas incandescentes, as lâmpadas de descarga, as lâmpadas de indução e as lâmpadas de diodo emissor de luz (Led's).

Na figura 1 é possível observar a eficiência, vida útil e preço médio dos tipos de lâmpadas mais comuns.



LÂMPADAS MAIS USADAS EM RESIDÊNCIAS	Incandescentes	Halógenas	Fluorescentes	Fluorescentes compactas	LEDs
EFICIÊNCIA*	12	20	60 a 100	60	60 a 80
VIDA ÚTIL (mil horas)	1	2 a 5	7 a 10	3 a 10	20 a 50
PREÇO MÉDIO** (R\$)	1,30 a 4,50	2,50 a 20	4 a 8	8,50 a 18	90 a 160

Figura 1- Eficiência, vida útil e preço médio dos vários tipos de lâmpadas (Bley, 2012).

2.2. Eficiência hídrica em edifícios

O crescimento da população global e as mudanças climáticas representam uma grande pressão tanto para a energia como para a água. A energia e a água são recursos fundamentais para o ser humano e são interdependentes (Wang & Wang, 2017).

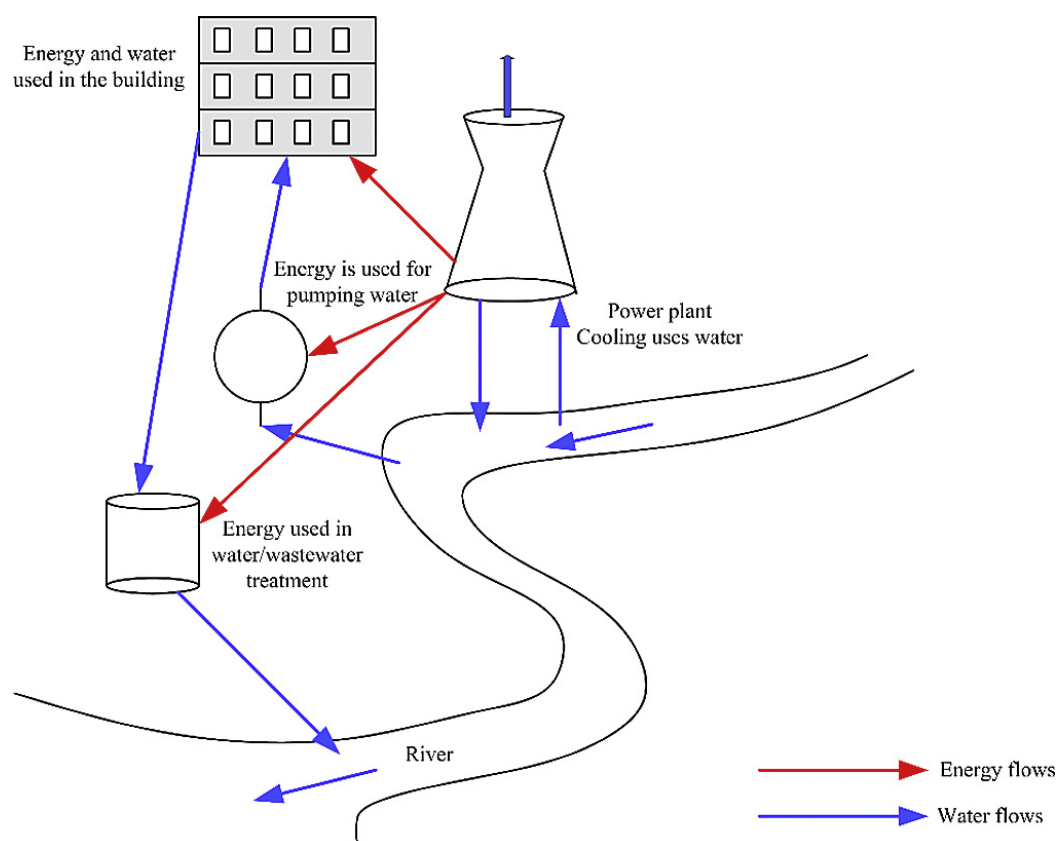


Figura 2- Interdependência esquemática entre energia e água no nível urbano (Wang & Wang, 2017).

Através da figura 2, é possível compreender a interdependência entre a energia e a água ao nível urbano. Por um lado, a energia é uma parte importante dos processos do ciclo de vida dos recursos hídricos, como o abastecimento de água e tratamento de águas residuais. Por outro lado, a água é um elemento integrante dos processos do ciclo de vida dos recursos energéticos, incluindo a extração de recursos energéticos e a refinação e processamento de energia. Sendo o setor da energia altamente vulnerável a mudanças nos recursos hídricos. Por sua vez, o uso de energia térmica, tem impactos significativos nos recursos hídricos locais, tanto na qualidade como na quantidade. As necessidades de energia e água podem ser conseguidas através da avaliação adequada de cada recurso e do planeamento integrado eficaz de políticas e energia (Wang & Wang, 2017).

Os sistemas de abastecimento de água (SAAG) são sistemas de larga escala que transportam água em vastas áreas geográficas para a população, levando a impactes ambientais adversos

significativos, ou seja, uma enorme quantidade de consumo de energia e emissões de gases de efeito estufa associadas a processos de bombeamento e perdas de água. O consumo de eletricidade associado aos sistemas de bombeamento representa a maior parcela do consumo de energia em todo o setor de água (IEA, 2016 cit in Luna et al., 2019), que pode chegar até 90% (Grundfos, 2004 cit in Luna et al., 2019).

O Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA), criado entre 2000/2001, constituiu um marco relevante para o uso mais racional deste recurso fundamental e cada vez mais escasso. Sendo publicado na Resolução de Conselhos de Ministros (RCM) nº 113/2005, em 2005. Embora não tenha havido desde então “uma governança coordenada de implementação que conduzisse à sua execução global” (Neves, 2014), as metas a alcançar por setor num prazo de 10 anos foram definidas, assim como também foi criado um Grupo de Trabalho Interministerial, cuja missão é operacionalizar o programa. Nos dois anos seguintes o Grupo de Trabalho Interministerial (GTI) elaborou os Relatórios da 1ª e 2ª Fases e em 2009, é então aprovada a candidatura ao QREN-POVT sobre o Uso Eficiente da Água. Porém, só em 2012 o programa é reativado, com a publicação do PNUEA 2012-2020 e a entrada em atividade da Comissão de Implementação e Acompanhamento (Neves, 2014).

Diversos estudos demonstram a poupança significativa que é possível obter com a substituição de equipamentos tradicionais por equipamentos mais eficientes. Esta solução, é considerada a mais fácil de implementar, e adicionalmente, tem o retorno económico mais rápido, em virtude do seu custo relativamente baixo. Numa habitação, por exemplo, a substituição de autoclismos tradicionais por autoclismos com tecnologias mais recentes, permite reduções em cerca de 10% do consumo total de água numa habitação (Neves & Martins, 2009).

Segundo a empresa de águas Portuguesa (grupo Águas de Portugal), os sistemas de abastecimento de água compreendem 1152 retenções, 650 estações de bombeamento de água, 1726 reservatórios, 158 estações de tratamento de água, ligadas por 17018Km de condutas de água (Águas de Portugal, 2016 cit in Luna et al., 2019).

Em Portugal, cerca de 59% dos custos operacionais relacionados com o fornecimento de água correspondem a custos com energia, principalmente na forma de eletricidade utilizada no seu bombeamento (Águas de Portugal, 2016 cit in Luna et al., 2019).

Portanto, a meta das empresas de águas e municípios é garantir a segurança do abastecimento, mas também reduzir os custos de consumo de energia e os impactes ambientais associados à operação, ou seja, visando um sistema de abastecimento sustentável (Luna et al., 2019).

Os métodos que visam reduzir o consumo de energia podem ser considerados a partir de vários aspetos, que incluem, entre outros, o uso de aparelhos energeticamente eficientes, bem como

sugerir comportamentos focados na poupança de energia (Mardookhy et al., 2014 cit in Stec et al., 2017).

2.2.1. Equipamentos sanitários

A quantidade de água potável consumida pelos equipamentos sanitários depende de muitas variáveis e basicamente varia de acordo com o local e a época do ano em que são usados, para além da instalação predial e das tecnologias envolvidas. A cultura e consequentes hábitos também interferem no consumo de água (Gonçalves 2006 cit in Demanboro et al., 2015).

No entanto, os consumos de água pelos aparelhos sanitários podem ser abordados por dois aspetos. O primeiro passa pela sua tecnologia, que envolve a sua construção e funcionamento, determinando a quantidade de água descarregada. Em segundo lugar, relaciona-se com a cultura da população em causa, que se reflete no seu comportamento, variando de acordo com cada indivíduo e com o seu meio cultural. No entanto, o grau de consciência sobre o valor da água tem vindo a aumentar devido à sua degradação e escassez, o que pode levar a mudanças nos padrões de comportamento (Gonçalves, 2006 cit in Demanboro, et al., 2015).

Em Portugal é possível observar nas casas de banho públicas, por exemplo, que o uso de aparelhos economizadores de água tem vindo a aumentar. Estes aparelhos têm como finalidade reduzir o consumo de água. Neste sentido através de um estudo feito em duas escolas no Brasil, foi identificado que as substituições, por exemplo, de torneiras automáticas por torneiras acionadas por um sensor de presença, economizam 48% de água. E no caso da substituição de torneiras comuns por torneiras acionadas por sensor, apresentam uma poupança de cerca de 77% (Fasola et al., 2011).

Num estudo realizado num hotel em Espanha, na ilha de La Gomera, em que foram introduzidos dispositivos de poupança de água em torneiras e em instalações sanitárias de descarga dupla, refletindo-se numa redução de 33% no primeiro ano (Hamele & Eckardt, 2006).

Aproximadamente 41% dos usos inerentes ao consumo doméstico de água provêm do funcionamento das casas de banho, correspondendo 28% aos autoclismos. Em cada descarga de autoclismo são gastos entre 7 a 15 litros de água, devendo estes, ser usados apenas quando necessário (Planetazul, s.d.).

Capítulo 3. Enquadramento Legal

No presente capítulo é abordado o enquadramento legal no âmbito do desempenho energético dos edifícios e os seus principais objetivos.

3.1. Desempenho energético dos edifícios

O Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia, publicaram a Diretiva 2002/91/CE de 16 de dezembro de 2002 relativa ao desempenho energético dos edifícios. Segundo o Artigo 1.º, o objetivo desta diretiva passa por promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios na comunidade Europeia, tendo em conta as condições climáticas externas e as condições locais, bem como as exigências em matéria de clima interior e a rentabilidade económica (Parlamento Europeu e Conselho Europeu, 2002).

Portanto esta diretiva estabelece requisitos em matéria de:

- Enquadramento geral para uma metodologia de cálculo do desempenho energético integrado dos edifícios;
- Aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos novos edifícios;
- Aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos grandes edifícios existentes que sejam sujeitos a importantes obras de renovação;
- Certificação energética dos edifícios;
- Inspeção regular de caldeiras e instalações de ar condicionado nos edifícios e, complementarmente, avaliação da instalação de aquecimento quando as caldeiras tenham mais de 15 anos.

Entretanto, esta Diretiva foi transposta para o ordenamento jurídico nacional através do Decreto-Lei n.º 78/2006, de 4 de abril, aprovando assim o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), e do Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 abril, que aprovou o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) (Ministério da Economia e da Inovação, 2006; Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 2006).

Segundo o Artigo 2.º do Decreto-Lei n.º 78/2006, o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios, adiante designado por SCE, tem como finalidade (Ministério da Economia e da Inovação, 2006):

- Assegurar a aplicação regulamentar, nomeadamente no que respeita às condições de eficiência energética, à utilização de sistemas de energias renováveis e, ainda, às condições de garantia da qualidade do ar interior, de acordo com as exigências e

disposições contidas no Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e no Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE);

- Certificar o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios;
- Identificar as medidas corretivas ou de melhoria de desempenho aplicáveis aos edifícios e respetivos sistemas energéticos, nomeadamente caldeiras e equipamentos de ar condicionado, quer no que respeita ao desempenho energético, quer no que respeita à qualidade do ar interior.

A criação e operacionalização deste sistema, juntamente com os esforços empregados na aplicação destes regulamentos, contribuíram, nos últimos anos, para o destaque crescente dos temas relacionados com a eficiência energética e utilização de energia renovável nos edifícios, e para uma maior proximidade entre as políticas de eficiência energética, os cidadãos e os agentes de mercado (Ministério da Economia e do Emprego, 2013).

Entretanto, foi reformulado o regime estabelecido pela Diretiva n.º 2002/91/CE, como forma de clarificar alguns dos princípios do texto inicial e introduzir novas disposições que visam o reforço do quadro de promoção do desempenho energético nos edifícios, à luz das metas e dos desafios acordados pelos Estados-Membros para 2020, sendo publicada a Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios (Ministério da Economia e do Emprego, 2013).

Segundo o Artigo 1.º, a Diretiva n.º 2010/31/EU de 19 de maio de 2010, estabelece requisitos no que se refere (Parlamento Europeu e Conselho Europeu, 2010):

- Ao quadro geral comum para uma metodologia de cálculo do desempenho energético integrado dos edifícios e das frações autónomas;
- À aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos edifícios novos e das frações autónomas novas;
- À aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos:
 - Edifícios existentes, frações autónomas e componentes de edifícios sujeitos a grandes renovações,
 - Elementos construtivos da envolvente dos edifícios com impacto significativo no desempenho energético da envolvente quando forem renovados ou substituídos, e
 - Sistemas técnicos dos edifícios quando for instalado um novo sistema ou quando o sistema existente for substituído ou melhorado;
- Aos planos nacionais para aumentar o número de edifícios com necessidades quase nulas de energia;
- À certificação energética dos edifícios ou das frações autónomas;
- À inspeção regular das instalações de aquecimento e de ar condicionado nos edifícios;

- Aos sistemas de controlo independente dos certificados de desempenho energético e dos relatórios de inspeção

A transposição desta última Diretiva, gerou a oportunidade de melhorar a sistematização e o âmbito de aplicação do sistema de certificação energética e respetivos regulamentos, bem como de alinhar requisitos nacionais às imposições explicitamente decorrentes da mesma, através do Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto (Ministério da Economia e do Emprego, 2013).

Assim, este diploma trouxe melhorias ao nível da sistematização e âmbito de aplicação, pois em primeiro lugar, incluiu num único diploma, anteriormente regulada em três diplomas distintos, o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), atendendo assim simultaneamente, aos interesses inerentes à aplicabilidade integral e utilidade deste quadro legislativo, e aos interesses de simplificação e clareza na produção legislativa de carácter predominantemente técnico. E em segundo lugar, a separação clara do âmbito de aplicação do REH e do RECS, passando aquele a incidir, exclusivamente, sobre os edifícios de habitação e este último sobre os de comércio e serviços, facilitando assim o tratamento técnico e a gestão administrativa dos processos, ao mesmo tempo que reconhece as especificidades técnicas de cada tipo de edifício naquilo que é mais relevante para a caracterização e melhoria do desempenho energético (Ministério da Economia e do Emprego, 2013).

A definição de um mapa evolutivo de requisitos com um horizonte temporal no limite até 2020 permite criar condições de previsibilidade, que facilitam a antecipação e a adaptação do mercado, ao mesmo tempo que aponta no sentido de renovação do parque imobiliário por via da promoção de edifícios cada vez mais eficientes (Ministério da Economia e do Emprego, 2013).

Surge então o conceito de edifício com necessidades quase nulas de energia, o qual passará a constituir o padrão para a nova construção a partir de 2020, ou de 2018, no caso de edifícios novos de entidades públicas, bem como uma referência para as grandes intervenções no edificado existente. Este padrão conjuga a redução, na maior extensão possível e suportada numa lógica de custo-benefício, das necessidades energéticas do edifício, com o abastecimento energético através do recurso a energia de origem renovável (Ministério da Economia e do Emprego, 2013).

Portanto, segundo o Artigo 1.º do Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto, o seu objetivo é (Ministério da Economia e do Emprego, 2013):

- Assegurar e promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios através do Sistema Certificação Energética dos Edifícios (SCE), que integra o Regulamento de

Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS).

- Transpor para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios.

3.1.2. Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE)

O âmbito de aplicação do SCE, segundo o Artigo 3.º do Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto, abrange as seguintes situações (Ministério da Economia e do Emprego, 2013):

- Os edifícios ou frações, novos ou sujeitos a grande intervenção, nos termos do REH e RECS, sem prejuízo de isenção de controlo prévio nos termos do Regime Jurídico da Urbanização e Edificação (RJUE);
- Quando uma fração, já edificada, não esteja constituída como fração autónoma de acordo com um título constitutivo de propriedade horizontal, só é abrangida pelo SCE a partir do momento em que seja dada em locação;
- Os edifícios ou frações existentes de comércio e serviços:
 - Com área interior útil de pavimento igual ou superior a 1000 m², ou 500 m² no caso de centros comerciais, hipermercados, supermercados e piscinas cobertas;
 - Que sejam propriedade de uma entidade pública e tenham área interior útil de pavimento ocupada por uma entidade pública e frequentemente visitada pelo público superior a 500 m² ou, a partir de 1 de julho de 2015, superior a 250 m²;
- Todos os edifícios ou frações existentes a partir do momento da sua venda, dação em cumprimento ou locação posterior à entrada em vigor do presente diploma, salvo nos casos de:
 - Venda ou dação em cumprimento a comproprietário, a locatário, em processo executivo, a entidade expropriante ou para demolição total confirmada pela entidade licenciadora competente;
 - Locação do lugar de residência habitual do senhorio por prazo inferior a quatro meses;
 - Locação a quem seja já locatário da coisa locada.

3.1.3. Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS)

Segundo o Artigo 32.º do Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto, o objetivo do RECS passa por estabelecer as regras a observar no projeto, construção, alteração, operação e manutenção de edifícios de comércio e serviços e seus sistemas técnicos, bem como os requisitos para a caracterização do seu desempenho, no sentido de promover a eficiência energética e a qualidade do ar interior (Ministério da Economia e do Emprego, 2013).

De acordo como o Artigo 33.º, este decreto é aplicável a (Ministério da Economia e do Emprego, 2013):

- Edifícios de comércio e serviços, nas seguintes situações:
 - Projeto e construção de edifícios novos;
 - Grande intervenção na envolvente ou sistema técnicos de edifícios existentes;
 - Avaliação energética e da manutenção dos edifícios novos, sujeitos a grande intervenção e existentes no âmbito do SCE.
- A verificação do RECS deve ser realizada para o edifício ou para as suas frações, de acordo com o disposto no artigo 6.º, do mesmo decreto.

Os edifícios destinados a habitação, assim como os casos previstos nas alíneas a), b), c), h) e i) do Artigo 4º, encontram-se excluídos do âmbito de aplicação do referido Decreto-Lei.

O RECS promove a melhoria do comportamento térmico dos edifícios abrangidos pelo mesmo, incidindo para esse efeito nas características da envolvente opaca e envidraçada. Estabelece também, os requisitos de qualidade térmica da envolvente nos edifícios novos e nas intervenções em edifícios existentes, expressa em termos de coeficiente de transmissão térmica da envolvente e de fator solar dos vãos envidraçados (Ministério da Economia e do Emprego, 2013).

Quanto à eficiência dos sistemas técnicos, o RECS sugere que devem ser avaliados e sujeitos a requisitos, tendo em vista promover a eficiência e a utilização racional de energia, incidindo, nas componentes de climatização, de preparação de água quente sanitária, de iluminação, de sistemas de gestão de energia, de energias renováveis, de elevadores e de escadas rolantes. Estabelecendo por isso (Ministério da Economia e do Emprego, 2013):

- Requisitos de conceção e de instalação dos sistemas técnicos nos edifícios novos e de sistemas novos nos edifícios existentes sujeitos a grande intervenção;
- Um IEE para caracterização do desempenho energético dos edifícios e dos respetivos limites máximos no caso de edifícios novos, de edifícios existentes e de grandes intervenções em edifícios existentes;
- A obrigatoriedade de fazer uma avaliação energética periódica dos consumos energéticos dos edifícios existentes, verificando a necessidade de elaborar um plano de racionalização energética com identificação e implementação de medidas de eficiência energética com viabilidade económica.

No que toca à ventilação e qualidade do ar interior, com vista a assegurar as condições de bem-estar e saúde dos ocupantes, os membros do Governo responsáveis pelas áreas da energia, do ambiente, da saúde e da segurança social estabelecem pela Portaria n.º 353-A/2013 (Ministério da Economia e do Emprego, 2013):

- Os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, em função da ocupação, das características do próprio edifício e dos seus sistemas de climatização;
- Os limiares de proteção para as concentrações de poluentes do ar interior.

3.2. Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE)

O RSECE, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 118/98, de 7 de maio, veio substituir o Decreto-Lei n.º 156/92, de 29 de julho, que não chegou a ser aplicado e que visava regulamentar a instalação de sistemas de climatização em edifícios (Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 2006).

Este regulamento procurou definir um conjunto de requisitos aplicáveis a edifícios de habitação e de serviços, com sistemas de climatização, que para além dos aspetos relacionados com a envolvente e da limitação dos consumos energéticos, abrange também a eficiência, manutenção e monitorização dos sistemas de climatização dos edifícios, impondo a realização de auditorias energéticas periódicas aos edifícios de serviços. A qualidade do ar interior também é abrangida neste regulamento, relativamente aos caudais mínimos do ar interior por tipo de atividade e a concentrações máximas dos principais poluentes, no caso de edifícios existentes (Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 2006).

De acordo com o artigo 1.º do Decreto-lei n.º 79/2006, de 4 de abril, são estabelecidas (Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 2006):

- As condições a observar no projeto de novos sistemas de climatização, nomeadamente:
 - Os requisitos em termos de conforto térmico e de qualidade do ar interior e os requisitos mínimos de renovação e tratamento de ar que devem ser assegurados em condições de eficiência energética, mediante a seleção adequada de equipamentos e a sua organização em sistemas;
 - Os requisitos em termos da conceção, da instalação e do estabelecimento das condições de manutenção a que devem obedecer os sistemas de climatização, para garantia de qualidade e segurança durante o seu funcionamento normal;
 - A observância dos princípios da utilização racional da energia e da utilização de materiais e tecnologias adequados em todos os sistemas energéticos do edifício, na ótica da sustentabilidade ambiental;
- Os limites máximos de consumo de energia nos grandes edifícios de serviços existentes;
- Os limites máximos de consumos de energia para todo o edifício e, em particular, para a climatização, previsíveis sob condições nominais de funcionamento para edifícios novos ou para grandes intervenções de reabilitação de edifícios existentes que venham a ter novos sistemas de climatização abrangidos pelo presente Regulamento, bem como

os limites de potência aplicáveis aos sistemas de climatização a instalar nesses edifícios;

- As condições de manutenção dos sistemas de climatização, incluindo os requisitos necessários para assumir a responsabilidade pela sua condução;
- As condições de monitorização e de auditoria de funcionamento dos edifícios em termos dos consumos de energia e da qualidade do ar interior;
- Os requisitos, em termos de formação profissional, a que devem obedecer os técnicos responsáveis pelo projeto, instalação e manutenção dos sistemas de climatização, quer em termos da eficiência energética, quer da qualidade do ar interior (QAI).

3.3. Norma NP EN 12464-1

Com o intuito de substituir as diversas normas nacionais no âmbito da iluminação, surge em 2011 a Norma Europeia 12464-1 para aplicações de iluminação (ETAP, 2012).

Em suma, esta norma define critérios base que conduzem a uma melhor qualidade de iluminação, associada a um menor consumo energético (ETAP, 2012).

Esta norma centra-se, primeiramente, nos aspetos quantitativos da luz e da iluminação, e promove a utilização da luz natural. Especifica os requisitos dos sistemas de iluminação de interior para a maioria dos locais de trabalho e áreas associadas, ao nível da quantidade e da qualidade de iluminação (EEE, 2007).

O âmbito desta norma rege a iluminação em locais de trabalho interiores. Onde são definidas as obrigações mínimas que a iluminação de um local de trabalho e do ambiente com ele diretamente relacionado têm de cumprir (ETAP, 2012).

Capítulo 4. Componentes de eficiência do edifício

Neste capítulo serão apresentadas as principais tecnologias e vantagens dos diversos componentes consumidores de energia elétrica e de água, suscetíveis de melhorias, presentes no edifício em estudo.

4.1. Vãos envidraçados

Os vãos envidraçados constituem um intermediário nas trocas de energia entre os ambientes exterior e interior. Normalmente são constituídos por uma caixilharia de madeira, PVC ou alumínio preenchida com chapa de vidro, fixa à parede através de um aro de caixilho igualmente com os mesmos materiais referidos anteriormente, e podem ser complementados por um dispositivo de proteção solar e/ou de oclusão noturna (Martins, 2009).

A avaliação do desempenho dos vãos envidraçados deve ter em conta a globalidade dos componentes que o constituem, sendo as características de desempenho mais relevantes (IPQ, 2008):

- Resistência à ação do vento;
- Desempenho ao fogo;
- Estanquidade à água;
- Resistência ao impacto;
- Resistência mecânica;
- Desempenho acústico;
- Coeficiente de transmissão térmica;
- Propriedades de radiação;
- Permeabilidade ao ar;
- Transmissão da energia solar total (fator solar);
- Transmitância luminosa;
- Forças de manobra;
- Resistência à intrusão;
- Ventilação;
- Durabilidade.

4.1.1. Vidro

O vidro é o componente principal do vão envidraçado, em termos de área, e por isso é o vidro que estabelece as principais funções do mesmo (Martins, 2009).

Atualmente, existem no mercado um conjunto alargado de soluções aplicáveis em edifícios, para as mais variadas funções/finalidades e com diferentes características de índice de seletividade, transmissão luminosa, fator solar, reflexão luminosa externa e reflexão luminosa interior (Westphal, 2016).

Na tabela 1, encontram-se resumidos, os diferentes tipos de vidro disponíveis no mercado, que como se pode verificar, existem diversas possibilidades de tratamento e beneficiamento.

Tabela 1- Diferentes tipos de vidro fabricados e processados (Adaptado de Westphal, 2016).

Produzidos nas Fábricas	Processados nas Distribuidoras		Vidros Especiais
	Tratamento Superficial	Beneficiamento	
Aramado	Acidado	Curvo	Antibactéria
Controlo solar	Jateado	Insulado	Antifogo
Espelho	Pintado a frio	Laminado	Antirrisco
Extra clear	Serigrafado	Temperado	Autolimpante
Float colorido	-	-	Blindado
Float incolor	-	-	Fotovoltaico
Impresso	-	-	-
Laminado	-	-	-

Apenas serão descritos resumidamente os tipos de vidro relevantes para este trabalho, sendo eles o vidro de controlo solar e o vidro *float* incolor:

- **Vidro de controlo solar**

Este tipo de vidro, exemplificado na figura 3, possui um tratamento superficial por meio de um revestimento metálico, impercetível a olho nu, dando um aspeto mais refletivo ou mais escurecido ao vidro. Tendo como principal função, minimizar o ganho de calor solar através do vidro. É aplicado principalmente em janelas, fachadas e coberturas envidraçadas (Westphal, 2016).



Figura 3- Exemplo de edifício com vidro de controlo solar (Jprojetos, s.d.).

- **Vidro *float* incolor**

Este tipo de vidro, conforme ilustrado na figura 4, também designado por vidro recozido, caracteriza-se por ainda não ter recebido qualquer tipo de beneficiamento. É apenas recozido com o intuito de evitar a tensão residual no vidro. As suas principais características, são a sua constituição de silicato sodocálcico, é plano, transparente, incolor ou colorido na sua massa, de faces paralelas e planas, obtido por fundição contínua e solidificação no interior de um banho de metal fundido (Westphal, 2016).

Este tipo de vidro pode ser cortado, maquinado, perfurado, curvado, afiado e polido. E quando processado é possível gerar vidro curvo, laminado, temperado, insulado, jateado, pintado, serigrafado, com tratamento antibacteriano e mesmo com efeito fotovoltaico (Westphal, 2016). A sua aplicação mais comum deste tipo de vidro é nas janelas de correr, com o vidro encaixilhado (Westphal, 2016).



Figura 4- Exemplo de vidro *float* incolor (Vitrállica, s.d.).

Quanto à nomenclatura das faces do vidro, estes podem ser, monolíticos (simples), insulados (duplos), laminados, insulados com laminado interno ou externo e insulado laminado (interno/externo), como se pode observar na figura 5 (Westphal, 2016).

Em que o monolítico é a disposição de apenas um vidro, insulado é a disposição de dois vidros, separados por uma caixa de ar, laminado é a colocação de duas placas de vidro unidas por uma camada de polivinil butiral (PVB).

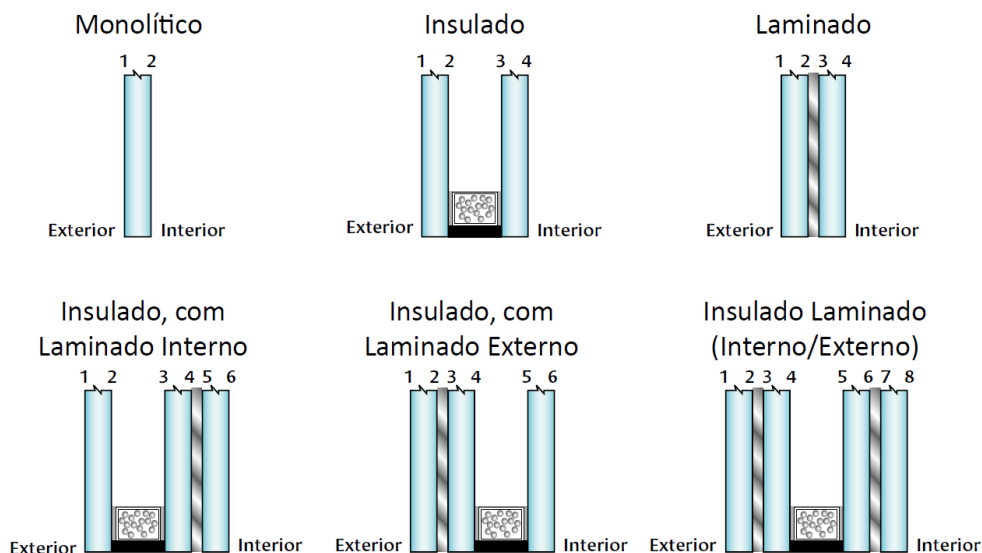


Figura 5- Nomenclatura das faces de composições de vidro plano (Guardian, 2010 cit in Westphal, 2016).

Na tabela 2 é possível observar valores de transmitância térmica de vidros monolíticos comuns, algumas especificações de controlo solar, laminados e insulados. É de notar que existe uma maior variação quando existe um revestimento metálico de baixa emissividade exposto ao ambiente interno ou camada de ar na composição (Westphal, 2016).

A transmitância térmica é um parâmetro físico que representa a quantidade de calor que atravessa um metro quadrado de componente construtivo, quando submetido a uma diferença de temperatura, medida em $W/m^2.K$, dependendo da condutividade térmica dos materiais construtivos, das suas espessuras, condições de acabamento superficial, velocidade do ar incidente e das suas dimensões (Westphal, 2016).

Tabela 2- Valores de transmitância térmica para alguns tipos de vidro (LBNL, 2015 cit in Westphal, 2016).

Composição	Tipo de vidro	Transmitância térmica (W/ m ² .K)
Monolítico	Incolor 3 mm	5,8
Monolítico	Incolor 6 mm	5,7
Monolítico	Incolor 8 mm	5,6
Monolítico	Incolor 12 mm	5,4
Monolítico	Incolor 8mm controlo solar na face interior ($\epsilon=0.13$)	3,6
Laminado	Incolor 4 mm controlo solar na face interior ($\epsilon=0.13$) + incolor 4 mm	5,6
Insulado	Incolor 6 mm + ar 12 mm + incolor 6 mm	2,8
Insulado	Incolor 6 mm controlo solar na face 2 + ar 12 mm + incolor 6 mm	1,9

Na tabela 3, encontram-se algumas propriedades óticas de algumas especificações de vidro. Na qual TL é a transmissão luminosa, FS é o fator solar, RLe é a reflexão luminosa externa, RLi é a reflexão luminosa interna e IS é o índice de seletividade (Westphal, 2016).

Tabela 3- Exemplo de propriedades óticas de vidros de controlo solar com diferentes índices de seletividade (Westphal, 2016).

Composição	Tipo de vidro	TL	FS	RLe	RLi	IS
Monolítico	Incolor 6 mm	0,89	0,84	0,08	0,08	1,06
Monolítico	Verde 6 mm	0,73	0,55	0,07	0,07	1,33
Laminado	Incolor 4 mm controlo solar na face interna + incolor 4 mm	0,51	0,34	0,17	0,18	1,50
Insulado	Incolor 6 mm controlo solar face interna + ar 12 mm + incolor 6 mm	0,50	0,28	0,18	0,22	1,79
Insulado	Incolor 6 mm controlo solar face interna + ar 12 mm + incolor 6 mm	0,60	0,29	0,14	0,16	2,07

4.1.2. Caixilharia

Existem inúmeras soluções de fecho exterior dos edifícios, contudo, o desempenho de cada uma depende das propriedades e dos materiais que as constituem (Martins, 2009).

Os principais materiais utilizados em caixilharias são a madeira, o alumínio e o PVC, sendo as características mais relevantes deste tipo de caixilharia (Guide de la fenêtr, s.d.):

- **Madeira**

- Bom isolamento térmico e acústico;
- Muito boa durabilidade devido aos tratamentos fungicidas, inseticidas e hidrófugos;
- Monetariamente dispendiosas;
- Manutenção elevada devido à necessidade de pintura de 10 em 10 anos, dependendo da exposição;
- Permite a reparação parcial da estrutura da caixilharia.

- **PVC**

- Excelente isolamento térmico e acústico;
- Muito boa durabilidade, pois resiste aos raios UV sem descorar e é muito resistente aos choques e à deformação. Por outro lado, também é muito resistente à chuva;
- Monetariamente é o material mais económico;
- Não necessita de manutenção;
- Pode por vezes obter condensação;
- Não é adaptável a grandes formatos.

- **Alumínio**

- Isolamento térmico e acústico inferior ao PVC e à madeira, contudo pode ter um desempenho melhorado com a rotura da ponte térmica;
- Em termos de durabilidade é o melhor dos materiais;
- Muito boa resistência à chuva;
- Estrutura sólida e resistente;
- Monetariamente entre o PVC e a madeira;
- Não necessita de manutenção;
- Ideal para grandes formatos;
- Elevada capacidade de absorção de energia pelos perfis termolacados em cores escuras, o que pode gerar situações de dilatação diferenciada dos perfis interior e exterior.

- **Misto madeira/alumínio**

- Excelente isolamento térmico e acústico;
- Muito boa resistência à chuva;
- Monetariamente é o mais dispendioso;
- Manutenção necessária de 10 em 10 anos (dependendo da exposição);
- Ideal para grandes formatos.

4.2. Climatização

O termo climatização é utilizado para designar uma instalação que visa a obtenção do conforto térmico de um local. No entanto, a sua utilização é comumente associada a funções de aquecimento ou arrefecimento conforme seja necessário, ao passo que, quando se utiliza o

termo “ar condicionado”, o mesmo não é associado à função de aquecimento. Contudo, atualmente, devido à proliferação de equipamentos reversíveis, produzindo calor e frio, os termos tendem a assumir o mesmo significado (EFRIARC, 2009 cit in Gomes, 2010).

O termo climatização, em termodinâmica, refere-se a uma instalação que garante um valor pré-definido para a temperatura e humidade. Sempre que um determinado espaço é ventilado, o ar proveniente do exterior traz calor sensível, se a temperatura externa é superior à temperatura ambiente do local, e calor latente em função do teor de vapor de água (Gomes, 2010).

Na UE, o uso de equipamentos de climatização, principalmente os de arrefecimento, tem aumentado significativamente, tornando-se uma preocupação, devido ao consequente aumento do consumo energético e por sua vez na emissão de CO₂ (Silva, 2012).

Em Portugal, os aquecedores elétricos e a gás são os equipamentos mais utilizados para aquecimento, enquanto que para o arrefecimento, predominam os *splits* (ar condicionado convencional) (Silva, 2012).

São necessários sete processos principais para se obter uma climatização completa: aquecimento, refrigeração, humidificação, desumidificação, limpeza, ventilação e movimentação de ar. Os requisitos e a importância destes sete processos principais variam com o clima (McDowall, 2007).

Um determinado espaço de um edifício está sujeito a determinados ganhos ou perdas de calor, designados por cargas térmicas. A forma mais comum de remover as cargas térmicas é fazer com que estas sejam dissipadas num líquido ou num gás, isto é, num fluido que atravesse esse local. A forma como o fluido é aquecido ou arrefecido pode variar, ou seja, pode ser aquecido ou arrefecido no local que se pretende climatizar, ou num local distinto, sendo transportado posteriormente para o local a aquecer ou a arrefecer. Se o arrefecimento ou aquecimento do fluido que provoca a climatização do espaço for feito por troca de calor num permutador com um outro fluido que sofreu um aquecimento ou arrefecimento (equipamento principal), obtém-se um sistema com circuito secundário (onde circula o fluido térmico que remove/fornece calor ao espaço a climatizar). O fluido térmico pode ser de diferentes composições, pode ser um fluido frigorigéneo, água, soluções aquosas (água glicolada, salmouras), ar, termofluido (geralmente um óleo) e ainda gases, em aplicações especiais (Pitéu, 2011).

A maioria dos sistemas de climatização usa uma fonte de energia térmica remota, como por exemplo uma caldeira, um cogeração, aquecimento urbano (pouco comum em Portugal), ou uma bomba de calor, para fornecer energia térmica de alta qualidade através de um meio de transporte, geralmente água, mas por vezes vapor ou ar, através de uma rede de distribuição,

a uma série permutadores de calor conhecidos como emissores (por exemplo, radiadores ou ventiloconvetores). Estes sistemas podem ser divididos em sistemas indiretos, caso utilizem um meio de transporte ou sistemas diretos, onde o calor/frio é produzido localmente. Os equipamentos de climatização dependem de efeitos radiantes geralmente com tubos, ou painéis aéreos ou sistemas de insuflamento de ar (McDowall, 2007).

Os componentes fundamentais de qualquer sistema de aquecimento são (McDowall, 2007):

- Um meio produtor de calor, isto é, um gerador de calor e uma fonte de energia;
- Um meio distribuidor de calor nas zonas que se pretende climatizar (caso seja um sistema indireto);
- Um meio fornecedor da energia térmica para o espaço a ser climatizado, ou seja, um emissor;
- O método pelo qual a energia térmica é entregue ao espaço desejado, podendo ser por convecção, radiação (são considerados radiantes quando mais de 50% da sua produção é por radiação), ou ventilação.

Existem quatro grandes categorias de sistemas de climatização, nomeadamente (McDowall, 2007):

- **Sistemas de ar:** Fornecem ar condicionado através de um fluxo de ar para os espaços a climatizar.
- **Sistemas de ar e água:** Este tipo de sistemas é constituído por uma unidade central e uma ou mais unidades locais, designadas por UTA (Unidades de Tratamento de AR). Todo o ar condicionado é fornecido através do sistema central, contudo, as unidades locais fornecem condicionamento adicional. O sistema de ventilação central fornece também a maior parte ou todo o controlo da humidade, condicionando o ar da ventilação. As unidades locais são geralmente fornecidas com água quente ou fria. Contudo, podem usar resistências elétricas em vez serpentinas de água quente.
- **Sistemas de água:** Nos casos em que a ventilação é feita de forma natural, ou seja, pela abertura de janelas ou outros meios semelhantes, torna-se desnecessário canalizar o ar de ventilação para as zonas a climatizar. Isto permite que todos os processos, exceto a ventilação, sejam fornecidos pelo equipamento local, fornecido com água quente ou fria, proveniente de uma unidade central. O tipo mais comum de sistemas de água tem a função de aquecimento
- **Sistemas unitários de refrigeração:** Este tipo de sistemas utiliza equipamentos de refrigeração e aquecedores locais para fornecer ar condicionado. Podem ser de dois tipos. Apenas com uma unidade local, a qual utiliza o ar para ventilação através de uma janela, por exemplo, ou com uma unidade exterior central, em que o ar

condicionado é transferido dessa para uma unidade local. A refrigeração dá-se por intermédio de um fluido frigorígeno.

A escolha do sistema de climatização mais adequado torna-se uma tarefa complicada, pois cada um dos quatro tipos gerais de sistemas de climatização tem inúmeras variações. Os principais fatores que afetam a escolha do sistema de climatização mais adequado podem ser determinados segundo o tipo de construção do edifício, localização, disponibilidade, custo e requisitos. O tipo de construção tem uma grande influência, pois é necessário saber se existe muito ou pouco espaço, como por exemplo para a colocação de condutas de ar. A localização do edifício no qual se quer instalar um sistema de climatização também tem uma grande influência, pois ela determina as condições meteorológicas que afetam o edifício (McDowall, 2007).

Embora todos os fatores mencionados no parágrafo anterior sejam importantes na escolha de um sistema de climatização, o primeiro passo para a escolha, passa por calcular a capacidade necessária de climatização e o número e tamanho das zonas a climatizar. Por exemplo, em climas quentes, onde o aquecimento não é necessário, sistemas que fornecem apenas refrigeração podem ser considerados (McDowall, 2007).

Dentro das quatro grandes categorias de sistemas climatização (sistemas de ar, sistemas de ar e água, sistemas de água e sistemas unitários de refrigeração), existem inúmeras variações de formas de climatização (McDowall, 2007):

- **Unidades de Tratamento de Ar (UTA) e equipamentos unitários de zona única:** Este tipo de climatização destina-se apenas a uma zona. Neste tipo de climatização, a fonte de energia pode diferir por exemplo, no caso de aquecimento, por energia elétrica, fornecimento de gás ou água quente, e no caso do arrefecimento, por água gelada, por intermédio de tubagens. Tipicamente, os sistemas unitários não duram tanto (8 a 15 anos) como os sistemas centralizados, e são frequentemente menos eficientes (Kreider, 2000; McDowall, 2007).

Este tipo de sistemas tem diversas vantagens, como por exemplo o seu custo inicial inferior, comparado com um sistema centralizado. Outro tipo de vantagem podem ser as restrições físicas, isto é, o edifício que necessita de ser climatizado não dispor de espaço suficiente para o tamanho dos componentes mecânicos que necessitam de ser instalados para o seu funcionamento (Kreider, 2000).

Os equipamentos de climatização mais utilizados nesta categoria são:

- Unidades de teto (esquematisado na figura 6).

Este tipo de equipamento é colocado no teto da divisão a climatizar e aspira o ar dessa zona para a unidade central e fornece-lhe ar condicionado verticalmente através da parte inferior da unidade.

- Sistemas *split* (exemplificado nas figuras 7 e 8).

Este tipo de sistemas é constituído por um evaporador e um condensador (um fica na divisão a climatizar e o outro no exterior), no qual, o sistema de refrigeração pode ser escolhido separadamente do resto do sistema e conectado pelas linhas de refrigeração ao sistema de ar, que inclui o evaporador. A ligação entre ambos é feita através de tubos de pequeno diâmetro.

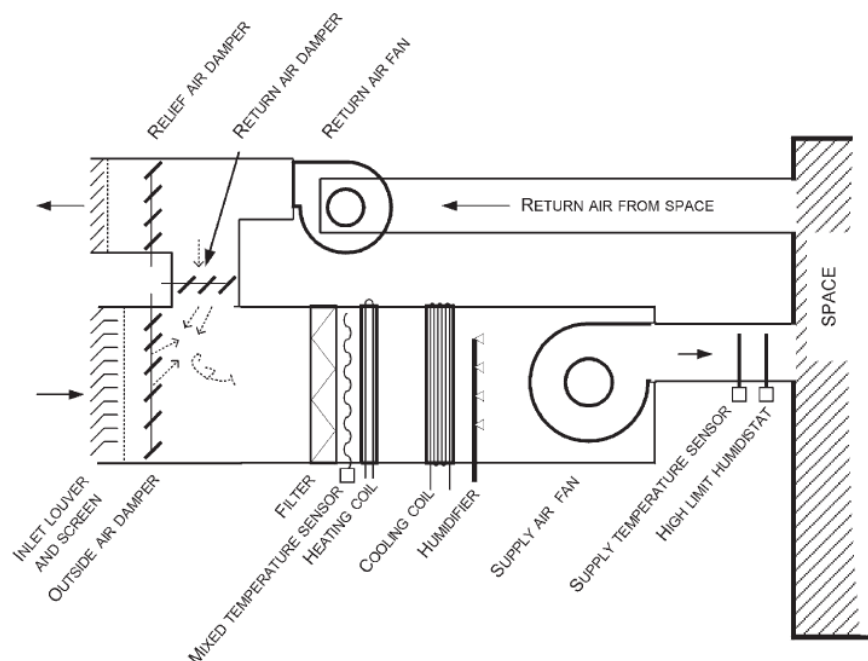


Figura 6- Esquema sistema de ar condicionado de zona única (McDowall, 2007).

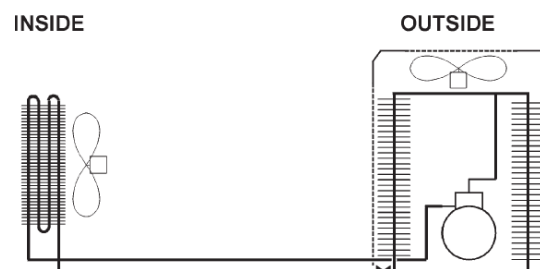


Figura 7- Esquema de sistema Split (McDowall, 2007).



Figura 8- Exemplo de um sistema split (Daikin, s.d.).

- **Sistemas de ar de zonas múltiplas:** Em certos edifícios, a climatização necessita de abranger diversas zonas, e cada zona pode ter diferentes necessidades de climatização. Para controlar a temperatura, cada zona tem um termostato individual que controla o volume e/ou a temperatura do ar em cada zona (McDowall, 2007).

Este tipo de sistemas tem como vantagens (McDowall, 2007):

- Equipamento localizado centralmente, ou seja, fora das zonas a climatizar, o que facilita as operações e manutenções;
- Menos condicionamentos no espaço climatizado, ou seja, o espaço climatizado está livre de derrames, equipamentos elétricos, fios elétricos e filtros (na maioria dos sistemas);
- Maior potencial pelo uso de um ciclo económico, ou seja, é utilizado o ar externo, portanto os requisitos de refrigeração mecânica podem ser mais reduzidos, e, portanto, reduz os custos operacionais gerais do sistema;
- Flexibilidade e escolha consoante a época do ano, isto é, disponibilidade simultânea de aquecimento ou arrefecimento durante flutuações sazonais;
- Liberdade total do projeto, permitindo uma distribuição de ar ideal para controlo de movimento e tração do ar;
- Geralmente bom controlo da humidade, quer para humidificação ou desumidificação.

Contudo, podem ter algumas desvantagens, nomeadamente:

- Aumentos dos requisitos de espaço, para possíveis instalações de condutas de distribuição;
- É necessária maior coordenação, isto é, estes sistemas exigem uma maior cooperação entre arquitetos, designers e técnicos de instalação.

Os equipamentos de climatização mais utilizados nesta categoria são:

- Sistemas de conduta única, com reaquecimento por zona e volume constante (esquematizado na figura 9).

Este tipo de sistema segue o funcionamento dos sistemas de zona única, contudo difere por utilizar sistemas de reaquecimento. Este tipo de sistema permite o controlo da climatização

em zonas distintas, através do reaquecimento do fluxo de ar frio até à temperatura necessária nessa zona. Ou seja, é fornecido um volume constante de ar condicionado a partir da unidade central a uma temperatura que normalmente é fixa. Essa temperatura é projetada para compensar a carga máxima de arrefecimento em todas as zonas a climatizar. Se a carga de arrefecimento real for menor que o pico, a resistência de aquecimento fornecerá calor igual à diferença entre o pico e as cargas reais (McDowall, 2007).

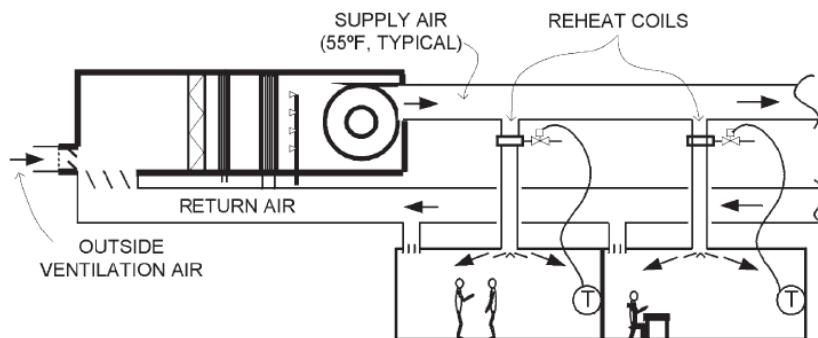


Figura 9- Esquema de sistema de conduta única, reaquecimento por zona e volume constante (McDowall, 2007).

- Sistemas de conduta única, com volume de ar variável (esquematizado na figura 10).

Este tipo de sistema é ideal para edifícios localizados em climas continuamente quentes, que só necessitem de arrefecimento. Os sistemas de ar variável apenas fornecem o máximo de arrefecimento e ventilação que a zona a climatizar requer no específico momento, portanto tornam-se mais eficientes nestes casos (McDowall, 2007).

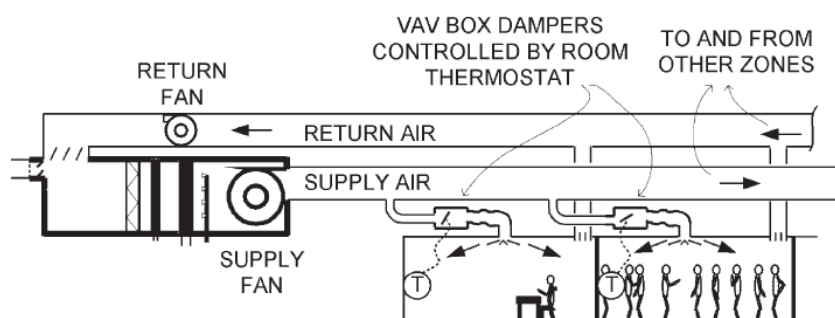


Figura 10- Esquema de sistema de conduta única, com volume de ar variável (McDowall, 2007).

- Sistemas *bypass box* (esquematizado na figura 11).

Este tipo de sistema funciona com uma unidade principal que funciona com um volume de ar variável, enquanto que as *bypass boxes* localizadas em cada zona a climatizar podem fornecer um volume de ar variável. Este sistema pode ser usado em cada zona independentemente, ou com uma unidade central com *bypass boxes* em cada zona (McDowall, 2007).

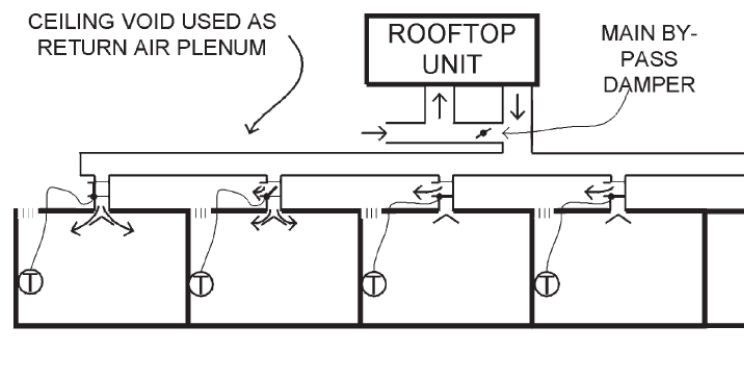


Figura 11- Exemplo de sistema By-pass box (McDowall, 2007).

- Sistemas de ar com conduta dupla e volume constante (esquematisado na figura 12).

Neste tipo de sistema, é usada uma abordagem diferente para estabelecer o controle de climatização por zona. As serpentinas de arrefecimento e aquecimento são colocadas em condutas separadas e os fluxos de ar quente e frio são misturados, conforme necessário, de modo a controlar a temperatura em cada zona (McDowall, 2007).

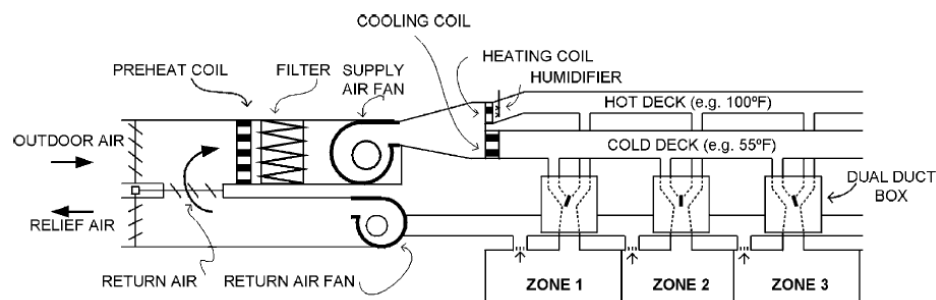


Figura 12- Esquema de sistema de ar com dupla conduta e volume constante (McDowall, 2007)

- Sistemas multizona

Os sistemas multizona são termodinamicamente iguais aos sistemas de conduta dupla. Nos sistemas de dupla conduta, a mistura ocorre perto da zona a climatizar, na caixa de dupla conduta, enquanto que no sistema multizona, como se pode observar na figura 13, a mistura ocorre na unidade principal de tratamento de ar (McDowall, 2007).

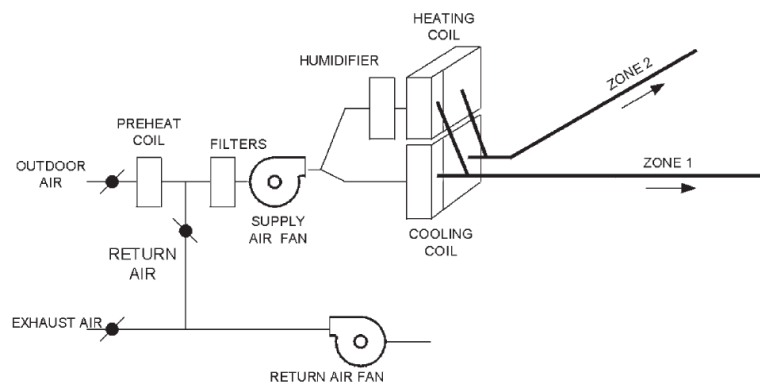


Figura 13- Esquema de mistura de ar condicionado num sistema multizona (McDowall, 2007).

- Sistemas multizona de três condutas

Este sistema é uma possível solução para superar a ineficiência energética do uso sobreposto de aquecimento e arrefecimento num sistema multizona tradicional. Este sistema é semelhante ao sistema de conduta dupla, exceto pelo facto de possuir uma terceira conduta de ar adicional em que o ar não é aquecido nem arrefecido, é neutro. O ar frio e quente nunca é misturado neste sistema. Em vez disso, as zonas a climatizar que requerem arrefecimento, recebem uma mistura de ar frio e neutro, e as zonas que necessitam de aquecimento recebem ar quente e neutro. O ar neutro serve, no verão para aquecer o ar frio e no inverno para arrefecer o ar quente, não sendo por isso preciso o uso de uma serpentina de aquecimento e outra de arrefecimento em simultâneo (McDowall, 2007).

- Sistemas de volume variável de ar com dupla conduta

Este tipo de sistema fornece a eficiência térmica dos sistemas com volume de ar variável, mantendo geralmente fluxos de ar mais altos e, portanto, melhor circulação de ar nas zonas a climatizar, quando é necessário aquecimento. A diferença prende-se com o facto de o ar não ser puxado para dentro do edifício por um ventilador de volume constante, como nos sistemas de dupla conduta comuns, mas é dividido em duas correntes de ar que fluem através de dois ventiladores de volume variável (McDowall, 2007).

- Sistemas de ar externo com caminho duplo

Nos sistemas abordados anteriormente, o ar de ventilação externo é misturado com o ar de retorno antes deste ser processado e fornecido às zonas a climatizar. Contudo esta mistura funciona bem apenas em climas mais frios e secos, devido à serpentina de arrefecimento principal não poder remover humidade suficiente sem arrefecer demasiado toda a corrente de ar. Por isso, os sistemas de ar externo com caminho duplo conseguem solucionar este problema, através da entrada de ar externo através de uma bobina de arrefecimento separada e dedicada antes de misturar o ar de retorno, tendo por isso esta bobina a função de arrefecer e desumidificar o ar (McDowall, 2007).

- **Sistemas hidrónicos:** Neste tipo de sistema, os equipamentos aquecem ou arrefecem o ar por intermédio da água e em alguns sistemas é utilizado vapor de alta pressão. Devido ao seu elevado rendimento térmico conforme a necessidade do espaço a climatizar, os sistemas hidrónicos são mais comumente usados onde ocorrem altas e variadas necessidades de aquecimento e/ou arrefecimento. São frequentemente usados em hospitais, hotéis, escolas, laboratórios, etc, normalmente em conjunto com sistemas de ventilação de ar refrigerado (McDowall, 2007).

Este tipo de sistemas tem como vantagens:

- Pouco ruído;
- Económicos, pois são geradas grandes quantidades de calor através de pequenos equipamentos locais e no sentido de que as distribuições de calor para as unidades locais são feitas através de canos pequenos em vez de condutas;
- Baixo consumo proporcional.

Contudo, as suas desvantagens são:

- Ventilação: O fornecimento de ar externo para ventilação é praticamente ausente, sendo necessário abrir as janelas por exemplo quando se quer ventilar o local.
- Falhas no sistema: Existe a possibilidade de fugas de água e nas zonas muito frias o perigo de congelamento;
- Humidade: Pouco ou nenhum controlo da humidade.

Os equipamentos de climatização mais utilizados nesta categoria são os:

- Sistemas de aquecimento por radiação/convecção natural a baixa temperatura (esquematizado nas figuras 14 e 15)

Este tipo de sistema funciona através da passagem de água quente produzida numa caldeira, que em seguida é enviada por tubos até aos emissores de calor, chamados de radiadores de painel emissores de calor. Os radiadores emitem o calor por radiação e convecção, podendo ser controlados variando o fluxo de água ou a temperatura da fonte de água quente. Contudo este tipo de sistema não fornece ar externo de ventilação (McDowall, 2007).

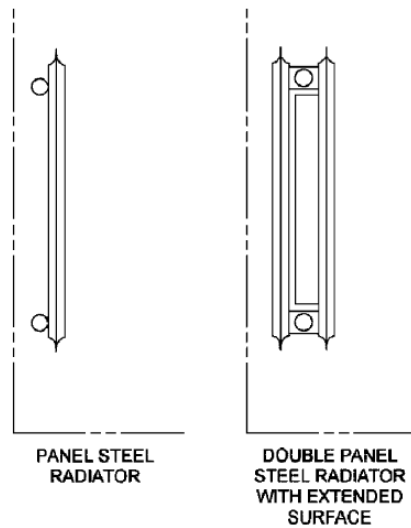


Figura 14- Esquema de Radiador de parede de painel simples e duplo (McDowall, 2007).



Figura 15- Exemplo de radiador de parede (McDowall, 2007).

- Painéis de aquecimento e arrefecimento (esquematisados nas figuras 16 e 17)

Este tipo de sistema funciona de forma semelhante ao sistema de aquecimento por radiação natural por convecção a baixa temperatura, contudo em vez de serem usados radiadores, são dispostos tubos de plástico de pequeno diâmetro em serpentina com espaçamento uniforme em toda a área que requer climatização. Este sistema pode ser ajustado de área para área, distanciando ou encurtando o espaçamento dos tubos.

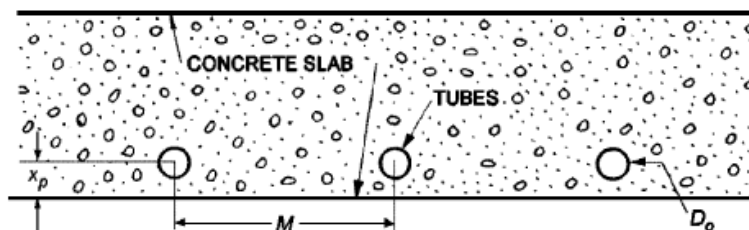


Figura 16- Esquema de sistema de piso radiante (McDowall, 2007).



Figura 17- Piso radiante (Figueiredo, 2016)

- Ventiloinvectores (esquematisados na figura 18 e 19)

Este tipo de sistema pode ser usado tanto para aquecimento como para arrefecimento. Este tipo de sistema consiste na associação de um ventilador e de uma serpentina, na qual passa água quente ou fria, consoante a necessidade de climatização.  medida que a água passa pela serpentina, em vez de a climatização ser feita por convecção natural, é feita através da movimentação de ar pelo ventilador. Estes sistemas podem ser usados individualmente ou em sistemas centralizados (McDowall, 2007).

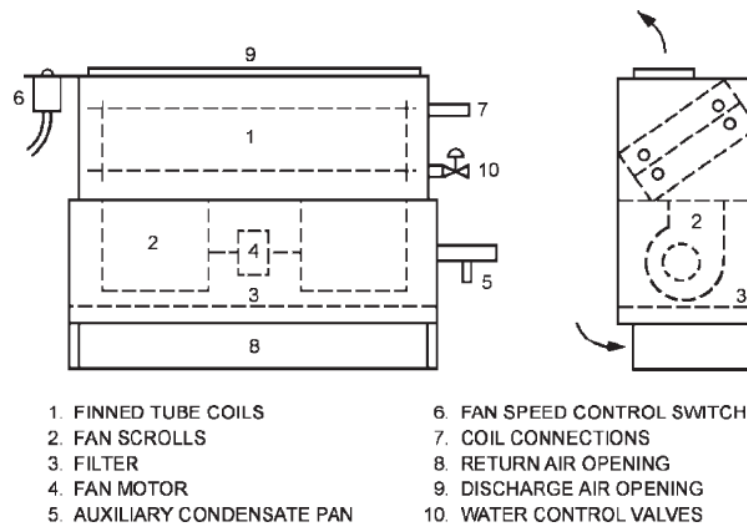


Figura 18- Esquema de uma unidade de bobina de ventilação (McDowall, 2007).



Figura 19- Exemplo de um ventiloconvector (Enat, s.d.).

- Sistemas de indução de tubo duplo (esquematizado na figura 20).

Este tipo de sistema funciona através da produção de um fluxo de ar que capta o ar da zona a climatizar, entrada posteriormente pela parte inferior do equipamento. No interior do equipamento, o ar é misturado e aquecido ou arrefecido nas serpentinas a água, voltando de novo para a zona a climatizar através de bocais dispostos na parte superior do equipamento, na vertical.

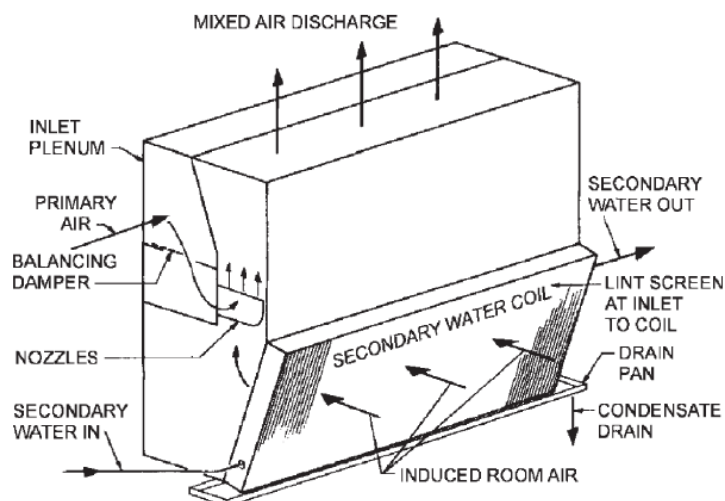


Figura 20- Esquema de unidade de sistema de indução (McDowall, 2007).

4.2.1. Fontes de aquecimento e arrefecimento.

A maioria dos sistemas de climatização abordados anteriormente necessitam de uma fonte de aquecimento ou arrefecimento para operarem. Muitos destes sistemas utilizam água, ar que é aquecida(o) ou arrefecida(o) ou vapor. Por sua vez os circuitos hidráulicos ou condutas percorrem o edifício, onde perdem ou ganham calor até aos emissores térmicos (McDowall, 2007).

As principais fontes de refrigeração utilizam processos de compressão e expansão de vapor (ciclo de compressão de vapor), ilustrados nas figuras 21 e 22. Este sistema compreende quatro

componentes: compressor, condensador, válvula de expansão e evaporador. (McDowall, 2007, Kreider, 2000).

- Compressor: Comprime o vapor refrigerante a alta pressão, tornando-o quente durante o processo;
- Condensador: No qual o arrefecimento mediante ar ou água reduz a temperatura do refrigerante o suficiente para fazer com que o mesmo condense em refrigerante no estado líquido e liberte o calor latente da evaporação.
- Válvula de expansão: Permite que uma quantidade controlada de refrigerante líquido flua para a secção de baixa pressão do circuito;
- Evaporador: No qual o ar ou a água aquece o refrigerante líquido, de forma a que ele evapore (ferva) de volta a vapor, absorvendo o calor latente da evaporação.

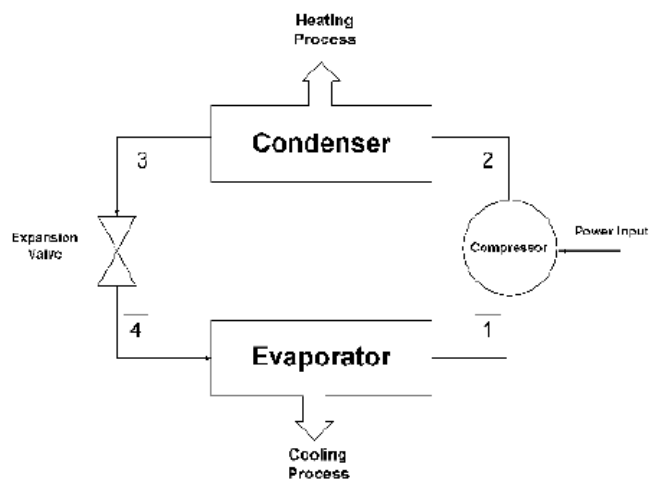


Figura 21- Esquema de ciclo de compressão de vapor usado em muitos ar-condicionados (Kreider, 2000).

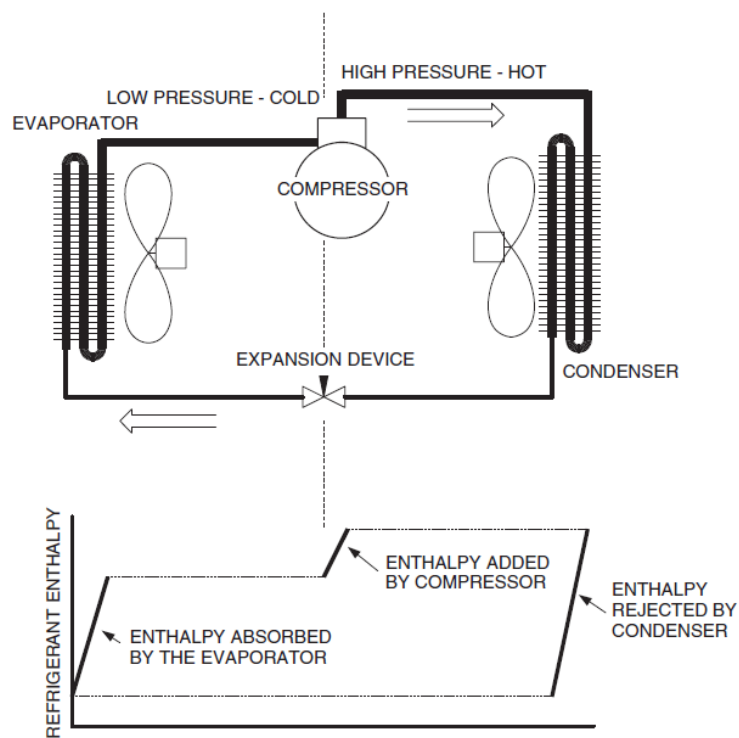


Figura 22- Fluxo de entalpia no ciclo de refrigeração por compressão de vapor (McDowall, 2007).

Este processo também pode ser feito através de *chillers*, onde o calor é cedido ao evaporador ou evacuado do condensador por água em vez de ar, como se pode observar no esquema da figura 23 (McDowall, 2007).

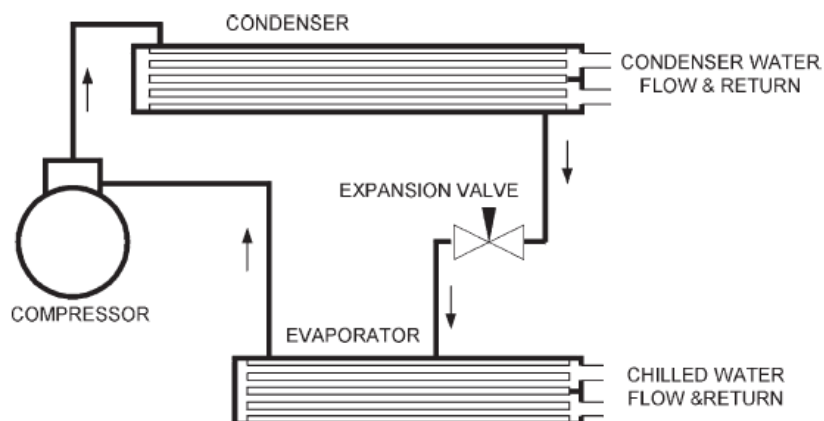


Figura 23- Esquema de chiller com condensador de arrefecimento a água (McDowall, 2007).

Por outro lado, as principais fontes de calor para aquecimento são: gás natural, gasóleo, biomassa, eletricidade (resistências elétricas), ou energia solar (McDowall, 2007; Kreider, 2010).

O aquecimento é feito geralmente através de caldeiras ou bombas de calor. As caldeiras são dispositivos normalmente feitos de cobre, aço ou ferro fundido, que transferem calor de uma câmara de combustão (ou de uma resistência elétrica) para a água no estado líquido, em vapor ou ambos. São classificadas tanto pelo combustível utilizado quanto pela pressão operacional (Kreider, 2010).

Na figura 24 pode ser observado o esquema de funcionamento de uma caldeira, e na figura 25 pode ser observado o esquema completo de um exemplo de instalação completa deste tipo de sistema.

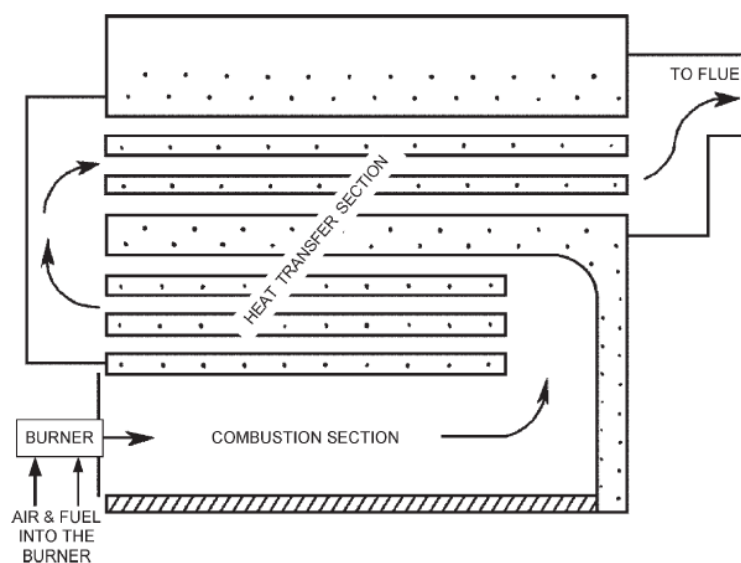


Figura 24- Esquema de funcionamento de uma caldeira (McDowall, 2007).

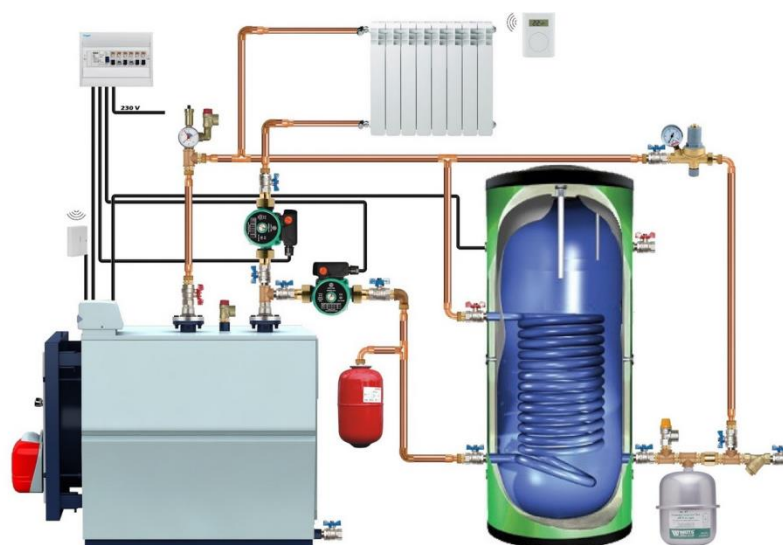


Figura 25- Esquema representativo de funcionamento de uma caldeira com instalação completa (Silva, 2013).

Quanto às bombas de calor, estas funcionam através do ciclo de compressão de vapor, abordado anteriormente para arrefecimento. Contudo, este sistema também pode ser usado para

aquecimento, através da válvula de reversão presente neste tipo de sistemas, a qual consegue reverter o fluxo de refrigerante entre as bobinas do condensador e do evaporador, fazendo o processo inverso, passando o equipamento exterior a servir de condensador e o interior de evaporador, conforme exemplificado na figura 26 (McDowall, 2007).

A vantagem fundamental das bombas de calor prende-se com o facto de, ao trabalharem em aquecimento, reduzirem substancialmente o consumo de energia elétrica, porque enquanto através do efeito de Joule se gasta 1kW para produzir 1kW, com uma bomba de calor produz-se entre 2 a 4kW e gasta-se o mesmo 1kW. Portanto, os sistemas de bomba de calor, são consequentemente 2 a 4 vezes mais eficientes do que um termoacumulador elétrico (Gomes, 2010).

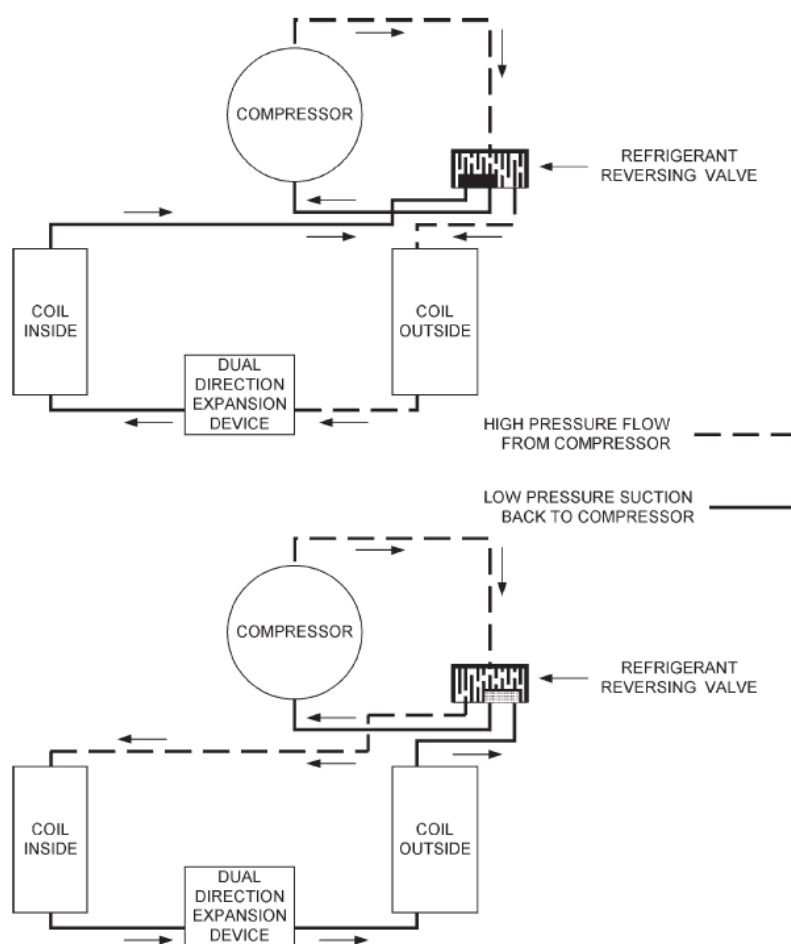


Figura 26- Esquema de fluxo de uma bomba de calor com válvula de reversão (McDowall, 2007).

4.2.3. Climatização solar

Hoje em dia estão também disponíveis inúmeras aplicações com tecnologia solar que permitem obter, praticamente a custo zero, aquecimento de águas quentes sanitárias, aquecimento ambiente no Inverno e arrefecimento no Verão (Gomes, 2010).

A Tecnologia mais comum de aproveitamento da energia solar térmica ativa é o coletor solar. Este dispositivo é responsável pela absorção e transferência da radiação solar para um fluido sob a forma de energia térmica e é neste ponto que difere do painel fotovoltaico, o qual serve para gerar eletricidade (Gomes, 2010).

Existem vários tipos de coletores solares, de modo a melhor se adaptarem às exigências de cada situação, principalmente (Gomes, 2010):

- Coletores planos;
- Coletores concentradores;
- Coletores concentradores parabólicos (CPC);
- Coletores de tubo de vácuo.

Os sistemas de climatização solar, têm como desvantagem a limitação de utilização de apenas 3 a 4 meses por ano de forma ativa, tornando-os assim economicamente menos interessantes (Gomes, 2010).

4.3. Iluminação

As fontes de luz, luminárias e balastros são os principais componentes de um sistema de iluminação artificial que influenciam a eficiência energética do sistema de iluminação. As lâmpadas são os únicos dos componentes do sistema de iluminação que podem converter energia elétrica em luz visível, mas, para que esta luz possa ser produzida e eficientemente distribuída, torna-se necessário a utilização de balastros (dependendo da lâmpada utilizada) e de luminárias (Louçano, 2009).

Por outro lado, as luminárias têm a função de direcionar e distribuir a luz para a zona desejada, nas quais estão alojados as lâmpadas e os balastros. Possuem uma zona onde está localizado o refletor, com a função de maximizar a reflexão da luz produzida pela lâmpada (Louçano, 2009).

Em luminotecnia consideram-se 4 grandezas principais (Fernandes, 2008):

- Fluxo luminoso;
- Intensidade luminosa;
- Iluminação ou iluminância;
- Luminância.

Conhecendo estas quatro grandezas, resumidas na tabela 4, é possível caracterizar uma instalação de iluminação, ou seja, avaliar quanto à sua qualidade e adequação ao local, assim como medir a sua eficiência (Fernandes, 2008).

Tabela 4- Unidades fotométricas e radiométricas comuns (Cardoso, 2015).

Designação Fotométrica	Ilustração	Equivalente Radiométrico	Unid.	Definição
Fluxo Luminoso (Φ)	 Fig. 6.1 – Fluxo Luminoso Retirado de Philips [13]	Fluxo Radiante (Watt)	Lumen (lm)	Quantidade de radiação produzida por segundo por uma fonte luminosa
Intensidade Luminosa (Candela)	 Fig. 6.2 – Intensidade Luminosa Retirado de Philips [13]	Intensidade Radiante (Watt/sr) sr – ângulo sólido	Candela (cd)	Concentração de luz emitida por uma fonte de luz numa direção específica, irradiada por segundo
Iluminância	 Fig. 6.3 – Iluminância Retirado de Philips [13]	Irradiância $\frac{\text{Watt}}{m^2}$	Lux (lx)	Fluxo luminoso que incide sobre uma superfície situada a uma certa distância da fonte
Luminância	 Fig. 6.4 – Luminância Retirado de Philips [13]	Radiância $\frac{\text{Watt}}{sr * m^2}$	Cd/m^2 Cd/cm^2	Fluxo luminoso produzido ou refletido por uma unidade de área de uma superfície numa direção específica

4.3.1. Principais tipos de lâmpadas

A tecnologia dos sistemas de iluminação tem vindo a desenvolver-se desde a invenção das lâmpadas incandescentes, desenvolvimento esse que tem sido acompanhado pela indústria e mecanismos de produção de luz (Louçano, 2009).

As lâmpadas podem ser agrupadas em quatro categorias (Louçano, 2009):

- Lâmpadas incandescentes;
- Lâmpadas de descarga;
- Lâmpadas de indução;
- Lâmpadas diodo emissor de luz (Led's).

Estas quatro categorias são apresentadas e mencionadas nas subsecções seguintes.

4.3.1.1. Lâmpadas Incandescentes

São por um lado a mais antiga fonte de luz e por outro, a mais conhecida, sobretudo em iluminações de interiores. Este tipo de lâmpada representa um considerável desperdício de energia devido à considerável radiação térmica emitida que acompanha a luz que esta fonte emite. O seu funcionamento consiste na passagem de corrente elétrica por um fio fino (filamento), com alta resistência elétrica, que é elevado à incandescência produzindo luz e calor. Este filamento está contido numa ampola de vidro, a qual é preenchida por um gás inerte (árgon, nitrogénio, cripton, etc) ou em vácuo (Louçano, 2009).

As lâmpadas incandescentes são as de menor eficiência luminosa (Louçano, 2009).

A forma de funcionamento deste tipo de lâmpada, faz com que apenas uma minoria da energia consumida seja convertida em luz visível, sendo a restante, entre 90% e 95%, perdida sob a forma de calor (Queirós, 2013). As principais características deste tipo de lâmpada são apresentadas na tabela 5.

Tabela 5- Principais características das lâmpadas Incandescentes (Fernandes, 2008).

Rendimento luminoso	De 9lm/W a 25 lm/W
Temperatura de cor	2700 K
Índice de reprodução de cor (IRC)	100
Duração de vida média	1000 horas
Tempo de arranque	-
Equipamento auxiliar	-

Na figura 27 encontra-se um exemplo esquemático de uma lâmpada incandescente.

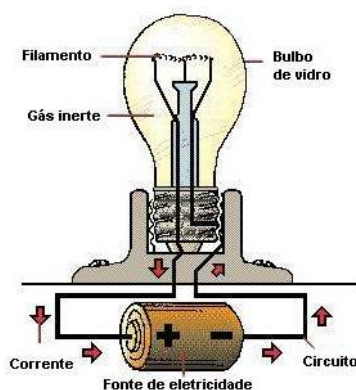


Figura 27- Lâmpada incandescente (Geocities, s.d.).

- **Lâmpadas de halogénio**

Até aos anos 60, com o aparecimento das lâmpadas fluorescentes e de descarga mais eficientes, as lâmpadas de halogéneo foram insuperáveis. Este tipo de lâmpadas contém iodo, flúor ou bromo adicionado ao gás normal, funcionando sob princípio do ciclo de halogéneo regenerativo, para evitar escurecimentos (Louçano, 2009).

O seu funcionamento passa pela combinação de tungsténio com halogéneo, formando um componente tungsténio-halogéneo sob a forma de gás. O gás, por efeito das correntes de convecção, aproxima-se do filamento, decompondo o mesmo em tungsténio, pela sua alta temperatura, voltando a depositar halogéneo que continua regenerativo. De forma a resistir às altas temperaturas necessárias ao funcionamento do ciclo de halogéneo, o invólucro da lâmpada é constituído por quartzo especial (Garcia, 2003 cit in Louçano, 2009). As principais características deste tipo de lâmpadas, são apresentadas na tabela 6.

Tabela 6- Principais características das lâmpadas de halogénio (Fernandes, 2008).

Rendimento luminoso	De 13lm/W a 40 lm/W
Temperatura de cor	De 2900 K a 3000 K
Índice de reprodução de cor (IRC)	100
Duração de vida média	De 2000 horas a 4000 horas
Tempo de arranque	-
Equipamento auxiliar	Balastro / transformador

Na figura 28 é possível observar um exemplo de uma lâmpada de halogéneo.



Figura 28- lâmpada de halogénio (CHL, s.d.).

4.3.1.2. Lâmpadas de descarga

São lâmpadas constituídas por um tubo de descarga que contem um gás ou vapor metálico e dois elétrodos colocados nos extremos do tubo. Após a aplicação de uma tensão nos elétrodos, ocorre uma descarga elétrica, produzindo a excitação dos eletrões, levando à ionização do gás, dando origem à emissão de luz. A ionização apenas ocorre se a descarga elétrica for elevada, pelo que este tipo de lâmpadas necessita de um arrancador que gera uma sobretensão quando se liga a lâmpada (Sousa, 2012).

Outro equipamento necessário para este tipo de lâmpada, são os balastros, os quais limitam a corrente fornecida à lâmpada após o arranque, impedindo que ocorra um curto circuito, como se pode observar na figura 29 (Sousa, 2012).

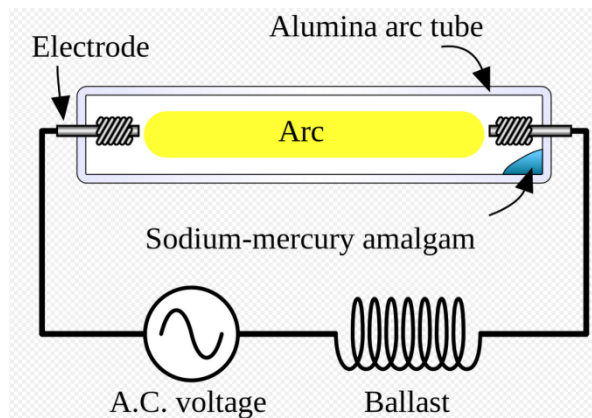


Figura 29- Lâmpada de descarga. (Wikipedia, s.d.).

Este tipo de lâmpadas divide-se em lâmpadas de descarga num gás ou de vapor metálico de alta pressão e de baixa pressão.

Das lâmpadas de descarga de alta pressão fazem parte os seguintes tipos:

- Lâmpadas de vapor de mercúrio;
- Lâmpadas de luz mista;
- Lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão (HPS);
- Lâmpadas de vapor de mercúrio de iodetos metálicos.

Nas lâmpadas de descarga de baixa pressão incluem-se as seguintes:

- Lâmpadas fluorescentes (vapor de mercúrio de baixa pressão);
- Lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão (LPS).

• Lâmpadas de vapor de mercúrio

São lâmpadas constituídas por dois eletrodos principais e dois auxiliares, dentro do tubo de descarga, juntamente com uma mistura de mercúrio sob alta pressão e argon, sendo o argon de vaporização mais fácil para facilitar o arranque. Entre a ampola exterior da lâmpada e o tubo de descarga, existe normalmente um gás inerte que permite a estabilidade térmica no interior da lâmpada (Garrido, 2010). As principais características deste tipo de lâmpada são apresentadas na tabela 7.

Tabela 7- Principais características das lâmpadas de mercúrio de alta pressão (Garrido, 2010).

Rendimento luminoso	De 36lm/W a 60 lm/W
Temperatura de cor	De 3000 K a 4200 K
Índice de reprodução de cor (IRC)	~50
Duração de vida média	10000 horas
Tempo de arranque	Aproximadamente 4 minutos
Equipamento auxiliar	Balastro e condensador

- **Lâmpadas de luz mista**

Este tipo de lâmpada adiciona a uma lâmpada de vapor de mercúrio, um filamento de tungstênio no interior do tubo de descarga. Neste caso, o uso de balastro não é necessário, pois após a formação do arco, o filamento mantém a impedância da lâmpada, podendo então ser ligado diretamente à corrente elétrica (FEUP, 2004 cit in Fernandes, 2008).

Este tipo de lâmpada é usado para iluminar locais com grande necessidade de luz, fácil instalação e baixo custo inicial e sem preocupações com a eficiência do sistema (Fernandes, 2008). As principais características deste tipo de lâmpada são apresentadas na tabela 8.

Tabela 8- Principais características das lâmpadas de luz mista (Fernandes, 2008).

Rendimento luminoso	De 19lm/W a 28 lm/W
Temperatura de cor	De 3400 K a 4100 K
Índice de reprodução de cor (IRC)	De 60 a 69
Duração de vida média	10000 horas
Tempo de arranque	-
Equipamento auxiliar	-

Na figura 30 é possível observar um esquema de uma lâmpada de luz mista.

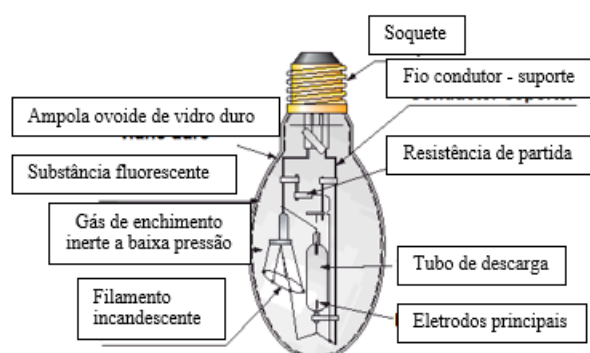


Figura 30- Lâmpada de luz mista (Eletricista Consciente, 2015).

- **Lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão (HPS)**

São lâmpadas constituídas por dois eléctrodos, inseridos num tubo de descarga de óxido de alumínio sintetizado. De modo a facilitar o seu arranque, o tubo de descarga possui ainda, sódio, mercúrio e gás xénon. O tubo é inserido dentro de uma campânula de vidro de modo a manter vácuo interno e conservar a energia da lâmpada, principalmente no que diz respeito à temperatura do tubo de descarga (Cardoso, 2015). As principais características deste tipo de lâmpada são apresentadas na tabela 9.

Tabela 9- Principais características das lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão (Cardoso, 2015).

Rendimento luminoso	De 80lm/W a 140 lm/W
Temperatura de cor	De 1900 K a 2500 K
Índice de reprodução de cor (IRC)	De 25 a 80
Duração de vida média	De 8000horas a 12000 horas
Tempo de arranque	~5 minutos
Equipamento auxiliar	Arrancador, balastro e condensador / balastro eletrónico

Na figura 31 é possível observar um esquema de uma lâmpada de vapor de sódio de alta pressão.

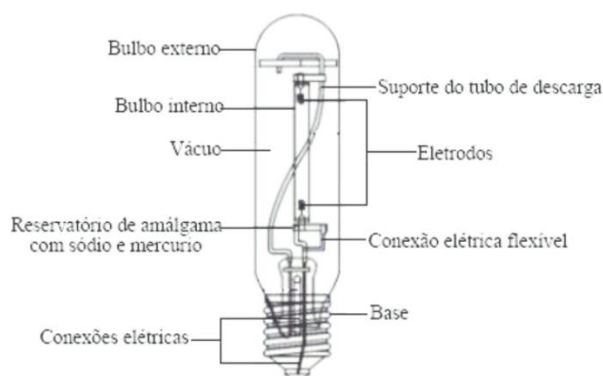


Figura 31- Lâmpada de vapor de sódio de alta pressão (Barbosa, 2015).

- **Lâmpadas de vapor de mercúrio de iodetos metálicos**

Este tipo de lâmpadas é idêntico às lâmpadas de vapor de mercúrio, apenas dispensando da mistura de gases existentes no interior do tubo de descarga. São adicionados ao mercúrio e árgon, iodetos metálicos, geralmente de sódio, devido a serem quimicamente menos reativos. Com esta adição, permite-se a introdução de raios no espectro eletromagnético, o que melhora as características de reprodução de cor destas lâmpadas (Cardoso, 2015). As principais características deste tipo de lâmpada são apresentadas na tabela 10.

Tabela 10- Principais características das lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão (Santos, 2011).

Rendimento luminoso	De 65 lm/W a 120 lm/W
Temperatura de cor	De 3000 K a 6000 K
Índice de reprodução de cor (IRC)	De 81 a 95
Duração de vida média	De 3000horas a 9000 horas
Tempo de arranque	~4 minutos
Equipamento auxiliar	Arrancador, balastro e condensador / balastro eletrônico

Na figura 32 é possível observar um exemplo de uma lâmpada de vapor de mercúrio de iodetos metálicos.



Figura 32- Lâmpada de vapor de mercúrio de iodetos metálicos (Eletrorrede, s.d.).

- **Lâmpadas fluorescentes (vapor de mercúrio de baixa pressão)**

São lâmpadas de vapor de mercúrio de baixa pressão, compostas por um tubo de descarga alongado, com um eletrodo em cada extremidade. O tubo é preenchido com um gás inerte, arrancando com facilidade e controlando a descarga, incluindo uma pequena quantidade de mercúrio, cujo vapor produz radiação UV quando excitado. A luz UV é transformada em luz visível através de um revestimento fluorescente no interior do tubo de descarga. É possível obter diversas aparências de cor, com a utilização de materiais fluorescentes diferentes (Fernandes, 2008). Este tipo de lâmpada pode ter formato tubular, circular ou compactas. As principais características deste tipo de lâmpada são apresentadas na tabela 11.

Tabela 11- Principais características das lâmpadas fluorescentes (Cardoso, 2015).

Rendimento luminoso	De 55 lm/W a 75 lm/W
Temperatura de cor	De 2700 K a 6500 K
Índice de reprodução de cor (IRC)	~50
Duração de vida média	De 12000horas a 18000 horas
Tempo de arranque	Poucos segundos
Equipamento auxiliar	Arrancador, balastro e condensador / balastro eletrônico

Na figura 33 é apresentado um esquema de uma lâmpada fluorescente.

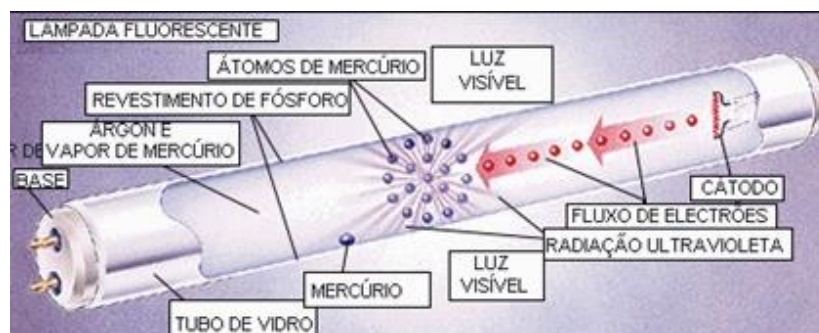


Figura 33- Representação esquemática de uma lâmpada fluorescente (Profelectro, s.d.).

- **Lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão (LPS).**

São lâmpadas constituídas de forma idêntica às lâmpadas fluorescentes, contudo funcionam através do uso de vapor de sódio em vez de vapor de mercúrio. O seu arranque é efetuado através da ajuda de um gás inerte. Este tipo de lâmpada requer uma tensão de arranque elevada e um tempo de arranque relativamente longo antes de ser atingido o rendimento máximo, pois apenas quando a descarga no gás inerte produz calor suficiente para vaporizar o sódio se inicia a descarga (Fernandes, 2008).

Estas lâmpadas possuem um rendimento luminoso extremamente elevado e uma longa duração, sendo dos tipos de lâmpadas mais eficientes (OSRAM, 2008 cit in Louçano, 2009). As principais características deste tipo de lâmpada são apresentadas na tabela 12.

Tabela 12- Principais características das lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão (Cardoso, 2015).

Rendimento luminoso	De 98lm/W a 200 lm/W
Temperatura de cor	~1700 K
Índice de reprodução de cor (IRC)	20
Duração de vida média	12000 horas
Tempo de arranque	~10 minutos
Equipamento auxiliar	Arrancador e balastro

Na figura 34 é possível observar um esquema de uma lâmpada de vapor de sódio de baixa pressão.

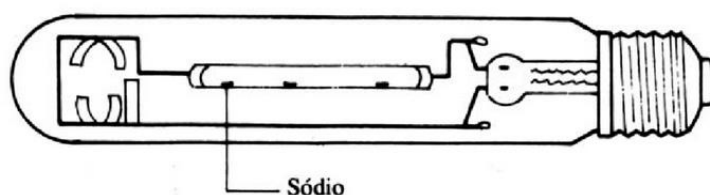


Figura 34- Lâmpada de vapor de sódio de baixa pressão (Morais, 2004).

4.3.1.3. Lâmpadas de indução

Atualmente este tipo de lâmpadas são divididos em dois sistemas:

- Lâmpadas fluorescentes de alta potência sem elétrodo;
- Lâmpadas de descarga em gás a baixa pressão por indução.

Este tipo de lâmpadas funciona através da excitação de mercúrio e dos gases nobres que ficam no seu interior. A excitação ocorre por meio de um campo magnético oscilante de alta frequência. São constituídas apenas por uma ampola de mercúrio e bobinas internas que excitam mercúrio. Possuindo uma boa eficiência energética e um índice de restituição de cores relativamente elevado (Queirós, 2013).

- **Lâmpadas fluorescentes de alta potência sem elétrodo**

Este tipo de lâmpadas não possui elétrodo, como é o caso das lâmpadas fluorescentes, devido à sua forma de anel fechado de vidro, pois a energia é fornecida a partir do exterior por um campo magnético. Este campo magnético é produzido em dois anéis de ferrite, constituindo uma importante vantagem para a duração deste tipo de lâmpadas (Teixeira, 2006 cit in Fernandes, 2008). As principais características deste tipo de lâmpada são apresentadas na tabela 13.

Tabela 13- Principais características das lâmpadas fluorescentes de alta potência sem elétrodo (Teixeira, 2006 cit in Fernandes, 2008).

Rendimento luminoso	Até 80 lm/W
Temperatura de cor	De 2700 K a 4000K
Índice de reprodução de cor (IRC)	80
Duração de vida média	60000 horas
Tempo de arranque	-
Equipamento auxiliar	-

- **Lâmpadas de descarga em gás a baixa pressão por indução**

Este tipo de lâmpada é constituído por um recipiente de descarga, no qual se encontra um gás sob baixa pressão, e por um núcleo cilíndrico de ferrite, criando assim um campo magnético induzindo uma corrente elétrica no gás, provocando a sua ionização (Louçano, 2009).

Através de um gerador de alta frequência, é fornecida energia suficiente para iniciar e manter a descarga à antena, mediante um cabo coaxial de comprimento determinado (Teixeira, 2006 cit in Fernandes, 2008). As principais características deste tipo de lâmpada são apresentadas na tabela 14.

Tabela 14- Principais características das lâmpadas fluorescentes de alta potência sem elétrodo (Teixeira, 2006 cit in Fernandes, 2008).

Rendimento luminoso	Até 65 lm/W a 81 lm/W
Temperatura de cor	De 2700 K a 4000K
Índice de reprodução de cor (IRC)	80
Duração de vida média	60000 horas
Tempo de arranque	-
Equipamento auxiliar	-

4.3.1.4. Lâmpadas Díodo emissor de luz (LED's)

Este tipo de lâmpadas funciona através de um dispositivo semi-condutor (díodo), que quando polarizado, combina os eletrões no seu interior, libertando energia na forma de fotões (Francisco, 2015). Ou seja, o seu funcionamento baseia-se através da passagem de corrente elétrica pelo díodo, a qual se transforma em luz (Queiroz, 2013).

Este tipo de tecnologia não necessita de filamentos nem de descarga elétrica, trabalhando em tensões reduzidas, tendo a vantagem de não emitir radiações IV e UV (Santos, 2011).

Na figura 35 é possível observar o esquema de um LED.

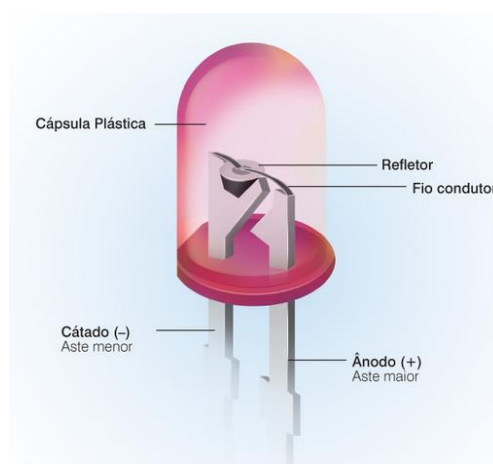


Figura 35- Esquema de iluminação LED (Dream Inc, 2013).

Este tipo de tecnologia tem vindo a ser largamente utilizada em dispositivos eletrónicos, mas só nos últimos anos conseguiu ser uma alternativa à iluminação dita convencional, devido às significativas evoluções que tem sofrido, nomeadamente na sua potência e no IRC (Francisco, 2015).

Durante os últimos anos, a eficiência deste tipo de fonte de luz tem aumentado consideravelmente, conseguindo atingir poupanças de energia entre 50% a 70%, quando comparadas com as lâmpadas convencionais de mercúrio e vapor de sódio. Os LED's conseguem servir de substituto a qualquer outro tipo de lâmpada, pois a sua tonalidade pode variar

(Queirós, 2013). As principais características deste tipo de lâmpada são apresentadas na tabela 15.

Tabela 15- Principais características dos díodos emissores de luz (LED's) (Cardoso, 2015).

Rendimento luminoso	de 35 lm/W a 70 lm/W
Temperatura de cor	De 2700 K a 9000K
Índice de reprodução de cor (IRC)	>70
Duração de vida média	De 15000 horas a 50000 horas
Tempo de arranque	Instantâneo
Equipamento auxiliar	Em alguns casos transformador e controlador

As principais vantagens dos LED's, relativamente às restantes fontes de luz são (Louçano, 2009; Santos, 2011):

- Tamanho reduzido;
- Funcionamento em corrente continua para tensões compreendidas entre 10 e os 24V;
- Baixos consumos (entre 0.75 e 3A);
- Maior tempo de vida útil e consequente baixa manutenção;
- Funcionamento fiável a todas as temperaturas (desde os -30°C aos +60°C);
- Eficiência energética;
- Temperatura de cor: 3000 a 6000 K;
- Não emitem luz ultra-violeta (sendo ideais para aplicações onde este tipo de radiação é indesejado, como por exemplo, locais onde existam quadros e obras de arte);
- Não emitem radiação infravermelha, fazendo por isso que o feixe luminoso seja frio;
- Resistência a impactos e vibrações: Utiliza tecnologia de estado sólido, portanto, sem filamentos e sem vidro, aumentando a sua robustez;
- Maior segurança, já que trabalham em baixa tensão (<33V). Proporcionam segurança para os utilizadores durante a sua instalação e utilização.

Por outro lado, as desvantagens apresentadas são (OSRAM, 2006 cit in Louçano, 2009):

- Custo de aquisição elevado, caso a aplicação seja desadequada;
- O índice de restituição de cor (IRC) pode não ser o mais adequado (60 a 90);
- Necessidade de fonte de alimentação ou *interface* (transformador ou um –driverII) em alguns tipos de LED's, que converta as características de alimentação de uma tomada comum para um padrão adequado ao funcionamento do led;
- Necessidade de dispositivos de dissipação de calor nos leds de alta potência (a quantidade de luz emitida pelo led diminui com o aumento da temperatura).

4.3.2. Balastros

Os balastros são um elemento imprescindível para o funcionamento das lâmpadas de descarga. Embora tenham distintas funções, a mais importante é a de limitar a corrente das lâmpadas ao iniciar a descarga elétrica (Mora, 2002).

Podem ser de dois tipos:

- Eletromagnéticos;
- Eletrônicos.

4.3.2.1. Balastros eletromagnéticos

Os balastros eletromagnéticos têm sido o tipo de balastro mais utilizado. Contudo, caracterizam-se por ter muitas desvantagens, nomeadamente, são volumosos, pesados, emissores de ondas eletromagnéticas e ruído audível, devido à sua estrutura em aço laminado magnetizado de baixa frequência. Uma das desvantagens mais notável, trata-se da sua baixa eficiência e fraca regulação de tensão, onde pequenas alterações na voltagem de alimentação, desencadeiam grandes alterações na iluminação da lâmpada (Arafa & Mansour, 2015).

4.3.2.2. Balastros eletrônicos

Os balastros eletrônicos são compostos por um retificador e um modelador de alta frequência (aproximadamente 30 kHz). Pelo facto de operarem em alta frequência, são componentes mais economizadores de energia e com maior eficiência do que os eletromagnéticos (Arafa & Mansour, 2015). As principais vantagens dos balastros eletrônicos, relativamente aos eletromagnéticos são (ERSE, 2014):

- Perdas reduzidas (a substituição de balastros magnéticos por eletromagnéticos tem um potencial de economia de energia de até 25%);
- As lâmpadas fluorescentes quando associadas a balastros eletrônicos produzem mais 20%;
- Impõem arranques suaves das lâmpadas, o que permite que estas tenham um período de vida útil maior e com custos de manutenção mais reduzidos;
- Não existe a necessidade de arrancadores;
- A utilização de sensores de movimento, originando muitos arranques das lâmpadas, tem baixas consequências na duração das lâmpadas;
- Podem operar duas vezes mais lâmpadas que o balastro eletromagnético;
- Apresentam um controlo mais preciso em termos da potência da lâmpada e corrente;
- A tremulação dos balastros magnéticos corresponde à frequência de 50 ciclos/segundo, nos eletrônicos é cerca de 40 000 ciclos/segundo, não sendo assim visível;
- São mais leves, eliminam ruídos e reduzem o consumo de energia.

4.3.3. Luminárias

As luminárias são os componentes que abrigam as lâmpadas e direcionam a luz (OSRAM, s.d.). Existem no mercado diversos tipos de armadura, diferindo no tipo de lâmpadas que albergam e na maneira como distribuem a luz.

O Institute for Environment and Sustainability (IES) classifica a iluminação produzida por uma luminária pelo modo como esta a distribuiu (Louçano, 2009):

- Direta: mais de 90% da luz é distribuída para baixo (*downlighting*);
- Indireta: mais de 90 % da luz é distribuída para cima (*uplighting*);
- Semi-direta: entre 60 a 90% da luz é distribuída para baixo e o restante para cima;
- Difusa: percentagens semelhantes de luz são distribuídas para cima e para baixo;
- Destaque: A direção e abertura de projeção são ajustadas para cada objetivo.

4.3.4. Sensores de controlo de iluminação

Com o objetivo de assegurar que a iluminação funciona somente quando necessário, de acordo com as necessidades dos ocupantes, e de forma a garantir uma utilização ainda mais eficiente da iluminação, pode propor-se a instalação de um sistema de controlo da mesma (Chouriço, 2017).

Para a obtenção de uma boa eficiência energética não basta ter equipamento eficiente num sistema de iluminação, sendo os circuitos de comando dos sistemas de iluminação um elemento tão ou mais importante que a fonte. Os sistemas de controlo de iluminação automáticos, permitem otimizar a utilização das instalações de iluminação, resultando normalmente em economias de energia significativas, sem prejuízo dos níveis de conforto visual necessários em cada local (Brandão, 2012).

O primeiro passo para a eficiência passa pela sensibilização dos utilizadores, embora existam soluções tecnológicas que permitem o comando automático, dispensando a ação dos utilizadores (Brandão, 2012). Estima-se que um sistema de controlo de iluminação consiga atingir poupanças até 30% (Chouriço, 2017).

Os sensores de controlo de iluminação podem ser de vários tipos, como é o caso de (Brandão, 2012):

- **Detetores de presença e movimento**

Os detetores de presença são designados corretamente de detetores volumétricos, sendo divididos em três categorias principais: Detetores volumétricos de infravermelhos passivos (PIR), detetores volumétricos de ultrassons e detetores bi-volumétricos.

No contexto do estudo desta dissertação, serão apenas referidos os detetores volumétricos de infravermelhos passivos (PIR), pois os detetores volumétricos de ultrassons e os detetores bi-volumétricos são mais indicados para o uso em espaços abertos e em espaços com obstáculos de superfície dura.

Quanto aos detetores PIR, possuem um sensor que reage ao movimento da energia infravermelha (calor) desenvolvida pelas pessoas. Apenas detetam radiação, não emitem, daí serem considerados passivos. São sensíveis a objetos em movimento que emitam radiação e comprimento de onda à volta de $10\text{ }\mu\text{m}$, aproximadamente o mesmo valor de onda emitida pelo corpo humano. Este tipo de detetor tem um certo número de facetass sensíveis, como se pode observar na figura 36.



Figura 36- Facetas de um detetor de infravermelhos passivo (Teixeira, 2006).

Quando um corpo passa pelo raio de visão de uma faceta para a outra, permite detetar o movimento de um corpo.

Na figura 37 é possível observar um exemplo de um detetor de presença PIR.



Figura 37- Detetor de presença PIR (Direct Industry, s.d.).

- **Interruptores horários;**

Este tipo de controlo permite comandar circuitos de iluminação num horário pré-determinado. Este tipo de interruptor é ligado em paralelo com os comandos locais (interruptores simples, contactores, células crepusculares e sistemas de gestão técnica centralizada). Deve-se ter em conta, quando estes interruptores são utilizados num circuito de iluminação, os seguintes fatores:

- É preferível comandar apenas a extinção da iluminação, deixando aos utilizadores a liberdade do acendimento;
- É necessário incluir comandos locais para se poder restabelecer a iluminação se necessário;
- A extinção automática não pode colocar os ocupantes na obscuridade completa. É necessário garantir uma iluminação mínima para permitir encontrar o percurso para o botão de acendimento;
- Os horários de extinção podem incluir por exemplo o período de almoço, caso exista uma paragem significativa.

- **Temporizadores.**

Neste tipo de equipamento, a iluminação é comandada por botões de pressão (simples ou luminosos), através de um impulso, em que o desligar é automático, após a temporização pré-regulada, determinado pelo tempo máximo que os utilizadores demoram a percorrer a zona em que o dispositivo se encontra.

Estes equipamentos são frequentemente usados em zonas de circulação (corredores, escadas, etc), onde a presença contínua dos utilizadores é menos frequente.

Na figura 38 é possível observar um exemplo de um temporizador automático de escada.



Figura 38- Automático de escada (AKI, s.d.).

4.4. Eficiência hídrica

Uma parte significativa do total de água captada é desperdiçada, devido à ineficiência de uso e a perdas. Tratando-se por isso de uma componente que acarreta custos para a sociedade, sem lhe trazer benefícios (PNUEA, 2001).

No setor dos edifícios, na UE e em Portugal, é estimado um potencial de poupança de água de cerca de 30%, caso sejam adotadas medidas de eficiência hídrica, não influenciando estas medidas no conforto, na segurança e na qualidade da água (Aqua experience, s.d.).

A eficiência hídrica está cada vez mais ao alcance de todos, através da evolução tecnológica e no desenvolvimento contínuo de produtos e soluções inovadoras (Aqua experience, s.d.).

Poupar água significa ainda poupar energia, dado que a captação, transporte e tratamento da água de abastecimento (e de águas residuais), envolve o consumo de energia (Aqua experience, s.d.).

O tipo de dispositivos usados na utilização de água, são proporcionais ao consumo de água em instalações residenciais ou não residenciais (Alves, 2015).

Para se ter uma noção da caracterização quantitativa dos consumos de água, foi publicado em 2007, um estudo, onde se estimam as estruturas médias de consumo por utilização (Vieira, et al., 2007).

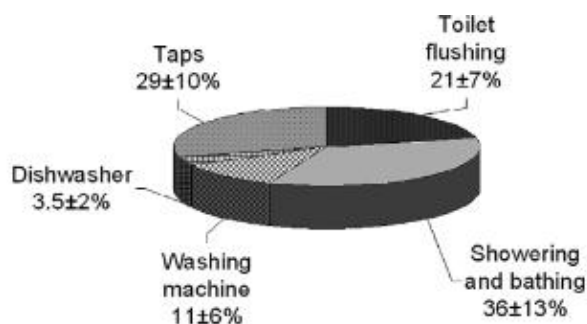


Figura 39- Distribuição média do uso doméstico de água em Portugal (Vieira, et al., 2007).

Através do gráfico presente na figura 39, é possível observar que os duches/banhos registam a maior fatia de consumo de água (36%), e em segundo lugar, aparece o consumo através de autoclismos (21%).

Mais recentemente, em 2016, através de dados provenientes da Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (ERSAR), concluiu-se que cada habitante, em Portugal, consome diariamente cerca de 201 litros de água. Quanto à quantidade de água consumida per capita e faturada para uso doméstico pelas entidades gestoras, representa 124 litros por dia, sendo o resto da água tratada, quase 40%, faturada a outras entidades como empresas de indústria e serviços ou serviços autárquicos (Suspiro, 2017).

Utilizar dispositivos com um melhor desempenho hídrico é das medidas mais benéficas e pode ser aplicada de diferentes formas (Alves, 2015):

- Otimização do volume de água utilizado nos dispositivos;
- Controlo do tempo de escoamento dos dispositivos;
- Controlo do caudal debitado pelos dispositivos;
- Substituição por dispositivos que não utilizem água;

- Utilização de água da chuva;
- Reutilização de águas cinzentas.

O tempo de retorno financeiro para alguns destes sistemas de eficiência hídrica, é curto, o que incentiva ainda mais a sua implementação, bastando por vezes um investimento pouco significativo para melhorar consideravelmente a eficiência no uso da água (Alves, 2015). Os equipamentos recomendáveis para a redução dos consumos de água, são principalmente, os autoclismos de dupla descarga, torneiras de baixo consumo, temporizadores, redutores de caudal, arejadores, etc (Ferreira, 2012).

4.4.1. Autoclismos

Este tipo de dispositivo de higiene, é o segundo maior responsável pelo total de consumo de água numa habitação (Vieira et al., 2007). Os autoclismos instalados na maioria dos edifícios, possuem diversos volumes de descarga, variando entre os 7 litros até aos 15 litros (PNUEA, 2001). Tendo em conta a grande variedade destes dispositivos que existem no mercado, não se justifica ainda serem usados autoclismos com descargas superiores a 6 litros (Ferreira, 2012).

Segundo o PNUEA (PNUEA, 2001), a substituição de um autoclismo convencional, por um modelo mais eficiente com dupla descarga de 6/3 litros, implica uma eficiência potencial de 60%.

Dado que, os autoclismos são um equipamento onde o uso de água potável é desnecessário. Atualmente já existem autoclismos que funcionam por vácuo, com posterior tratamento, ou com a utilização de águas pluviais, que permitem substituir o tipo de autoclismo comum. Contudo, este tipo de dispositivos ainda está pouco representado no mercado, e por outro lado a sua utilização implica modificações no sistema predial (Alves, 2010).

4.4.1.1. Autoclismos de dupla descarga

Este tipo de autoclismo é indicado como a solução que reúne maior consenso entre os principais organismos promotores de eficiência hídrica e os técnicos especializados (Ferreira, 2012). O seu funcionamento consiste em dar aos utilizados a opção de optarem por duas descargas com volumes diferentes, carregando num de dois botões, onde um deles permite a descarga com o volume mínimo e o outro com o volume máximo, consoante a sua necessidade (Sousa, 2015).

Num estudo realizado por Dias (2013), em que foi considerada apenas a substituição do reservatório de descarga dos autoclismos, por um reservatório de dupla descarga, com um volume máximo de 6 litros e um mínimo de 3 litros, mantendo as sanitas existentes, conseguiu-se um aproveitamento de 64%, em comparação com os consumos dos reservatórios comuns existentes (Dias, 2013).

Na figura 40 é possível observar um exemplo de uma válvula de dupla descarga, ajustável de acordo com o nível de água pretendido, e na figura 41 um exemplo de um descarregador de autoclismo de dupla descarga com regulação (3/6 litros).

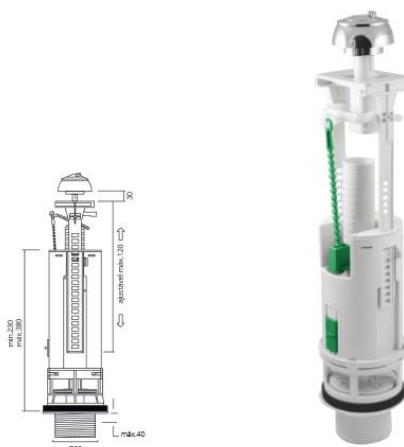


Figura 40- Exemplo de válvula de dupla descarga ajustável de acordo com o nível de água pretendido (Adaptado de Catálogo BMK, s.d.).



Figura 41- Exemplo de descarregador de autoclismo de dupla descarga com regulação (3/6 litros) de classe de eficiência A (Catálogo BMK, s.d.).

4.4.2. Urinóis

Em instalações coletivas, os urinóis são os dispositivos usados mais frequentemente. Os modelos mais utilizados podem dividir-se principalmente em dois sistemas distintos (Alves, 2015):

- Fluxómetro: volume de água descarregado a pressões elevadas, com acionamento por parte do utilizador;
- Fluxo contínuo: descarga contínua ou intermitente de um pequeno caudal de água sem a necessidade de intervenção por parte do utilizador.

Os fluxómetros de fluxo contínuo, são bastante ineficientes, pois como funcionam ininterruptamente, geram um desperdício considerável de água nos períodos em que não estão a ser utilizados. De forma a reduzir desperdícios de água relacionados com a utilização de urinóis, devem ser adotadas medidas, como a instalação de sistemas de descarga automáticos e a instalação de dispositivos com menor volume de água possível, adequados a cada tipo de instalação (Alves, 2015).

Existem diversos tipos de fluxómetros, como os sistemas de controlo automático de descarga, nomeadamente:

- Fluxómetro com temporizador mecânico (ilustrado na figura 42);
- Fluxómetros com sensor infravermelhos (ilustrado na figura 43);
- Fluxómetros com sensores de líquidos (ilustrado na figura 44);
- Fluxómetros com termostato (ilustrado na figura 44).



Figura 42- Exemplo de um fluxómetro (Nicolau & Rosa, s.d.).



Figura 43- Exemplo de urinol com sensor infravermelho (HDSafe Technologies, s.d.).



Figura 44- Exemplo de urinol com sensor de líquido e termostato (Geberit, s.d. cit in Alves, 2015).

4.4.3. Torneiras

Neste tipo de dispositivo, os fatores que mais influenciam o seu consumo são, o seu caudal, a duração da utilização e a frequência de utilizações. Alguns modelos de torneiras pulverizadoras, ou adaptadas com arejadores, o emulsionamento de ar no líquido permite obter caudais de conforto de cerca de 50% do caudal dos dispositivos sem arejamento (Neto, s.d.).

Existem as seguintes tipologias de torneiras (Alves, 2015):

- Monocomando: acionadas através de um só manípulo, que condiciona não só o fluxo de água como pode condicionar a temperatura desejada pelo utilizador (torneiras misturadoras);
- Bicomando: controlo independente dos canais de água fria e quente, através de dois manípulos para cada fluxo de água (fria e quente). O fluxo final é a combinação dos dois fluxos gerados pela abertura de cada manípulo. Com um sistema de acionamento de 180°, conseguem obter um rápido ajuste de caudal apenas com meia-volta na torneira;
- Termostáticas: permitem controlar com exatidão a temperatura da água, mantendo-a sempre constante e ao nível desejado, através da sincronização do comando com o cartucho interno;
- Eletrónicas: utilizadas principalmente nos lavatórios e duchas de diversas instalações sanitárias públicas e comerciais, não necessitam de qualquer tipo de força física para serem acionadas, bastando uma aproximação ao sensor;
- Com temporizador (sistema *eco stop*): utilizadas principalmente em locais públicos e comerciais, funcionando apenas durante alguns segundos através de uma pressão no manípulo, evitando o desperdício de água e o esquecimento da torneira aberta.

Na figura 45 encontra-se ilustrados exemplos para cada uma das tipologias de torneira mencionadas.

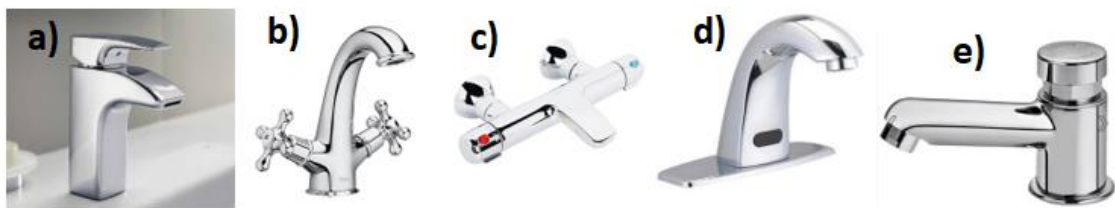


Figura 45- Torneira monocomando (a), bicomando (b), termostática (c), eletrônica (d) e temporizada (e) (Eurotubo, s.d.; El Corte Inglés, s.d.; Leroymerlin s.d.; Casa das torneiras s.d.; Leroymerlin s.d.).

A forma mais eficaz de diminuição do caudal ou do volume total por utilização passa pela substituição ou adaptação de torneiras convencionais em lavatórios, bidés, banheiras e lava-loiças por modelos mais eficientes (Alves, 2015).

Existem também no mercado diversos dispositivos para aplicação em torneiras, como é o caso dos arejadores, pulverizadores, e reguladores de caudal.

4.4.3.1. Arejadores

Trata-se da forma mais eficiente de reduzir o caudal das torneiras, sem ser necessária a sua substituição. Este tipo de dispositivos conseguem reduzir o caudal de uma torneira convencional em mais de 50%, existindo no mercado modelos que se adequam a praticamente todas as torneiras (Ferreira, 2012).

Estes dispositivos funcionam através da injeção de ar, durante a passagem de água, dando a sensação da mesma pressão, como é possível observar através da figura 46.



Figura 46- Esquema de funcionamento de um arejador (Portal do eletrodoméstico, s.d.)

Na figura 47 é possível observar um exemplo de um arejador.



Figura 47- Exemplo de arejador (Docol, s.d.).

4.4.3.2. Pulverizadores

Os pulverizadores, como o exemplo da figura 48, são um tipo de dispositivo semelhante aos arejadores, mas sem a introdução de ar por orifícios laterais, dividindo o jato de água em pequenos feixes, podendo reduzir o caudal para valores entre 3,8 e 8 litros por minuto (Alves, 2015).



Figura 48- Exemplo de pulverizador (The singular bathroom, s.d.).

4.4.3.3. Reguladores de caudal

Os reguladores de caudal, como o exemplificado na figura 49, são dispositivos com uma chave reguladora, assegurando que o caudal de água seja sempre o mesmo, independentemente da pressão disponível (Sanitop, s.d.).



Figura 49- Exemplo de regulador de caudal (Costa53, 2011)

Capítulo 5. Caso de Estudo

Neste capítulo procedeu-se à apresentação de toda a informação recolhida e compilada sobre o edifício em estudo e a sua descrição, desde a ocupação, envolvente, vãos envidraçados, iluminação, sistemas de climatização, instalações sanitárias, consumos e custos com energia elétrica e com a água.

5.1. Recolha de informação

A recolha da informação foi efetuada durante diversas visitas ao edifício e com a consulta de informação disponibilizada pelos serviços responsáveis da Câmara Municipal da Covilhã.

5.2. Descrição do edifício em estudo

O edifício em estudo corresponde aos Paços do Concelho da Câmara Municipal da Covilhã, ilustrado nas figuras 50 e 51, o qual é a sede administrativa do concelho.

O edifício possui três pisos e sótão, datando a sua construção ao ano 1958.



Figura 50- Imagem representativa do edifício dos Paços do Concelho da Covilhã.



Figura 51- Imagem representativa por satélite do edifício dos paços do concelho da camara municipal da Covilhã (Fonte: Google maps).

Na tabela 16, são apresentadas as áreas de todos os pisos do edifício.

Tabela 16- Área dos diversos pisos do edifício em estudo.

Piso	Área (m ²)
r/ch	394,55
1	697,94
2	597,28
Sótão	101,84
Total	1.791,61

Os principais espaços do edifício por piso são apresentados através da tabela 17 e na tabela 18 as áreas por tipologia de divisão. Através da informação que consta na tabela 18, é possível verificar que os gabinetes são o tipo de divisão que ocupam a maior área útil do edifício, seguindo-se as zonas de circulação, com 775,26 m² e 581,07 m², respetivamente.

Tabela 17- Principais espaços do edifício por piso.

Piso	Espaços
0	Gabinetes
	Zonas de circulação
	Sala de espera
	Sanitários
	Caldeira e depósitos gasóleo
	Receção
	Arquivo
	Arrumos
1	Gabinetes
	Sanitários
	Salão Nobre
	Zonas de circulação
	Arrumos
2	Gabinetes
	Sanitários
	Salas de estar
	Zonas de circulação
	Arrumos
Sótão	Sótão
	Gabinetes
	Zonas de circulação

Tabela 18- Tipologia por divisão.

Tipologia de divisão	Sanitários (m²)	Antecâmara (m²)	Zona Circulação (m²)	Gabinetes (m²)	Arrumos (m²)	Sala Reuniões (m²)	Salão Nobre (m²)
Piso r/ch	7,84	7,21	168,71	188,19	22,6	-	-
Piso 1	14,82	36,42	174,36	289,18	6,6	57,21	119,35
Piso 2	11,45	44,24	238,00	297,89	5,7	-	-
Sótão	-	-	-	-	101,84	-	-
Área útil	34,11	87,87	581,07	775,26	136,74	57,21	119,35

Quanto à sua ocupação, trata-se de um edifício que é ocupado maioritariamente nos dias úteis semanais, com um horário de funcionamento das 09h00 às 17h45, no qual trabalham 79 pessoas.

5.3. Envolvente

Segundo a informação recolhida, foi possível identificar que as paredes são constituídas por alvenaria de pedra de granito com face à vista e a reboco e pintura. Quanto à cobertura, é constituída por telha cerâmica sobre elementos estruturais de madeira.

5.4. Vãos envidraçados

O edifício em estudo possui um total de 102 vãos envidraçados, sendo o primeiro piso o que possui um maior número (39), como é possível verificar na tabela 19. A caixilharia dos vãos envidraçados é constituída por madeira, com vidro simples.

Tabela 19- Vãos exteriores (un) janelas e portas.

	Alçado principal	Alçado posterior	Alçado lat. Esq.	Alçado lat. Dir.	Total
Piso r/ch	17	10	-	-	27
Piso 1	17	12	1	3	33
Piso 2	14	19	4	2	39
Sótão	3	-	-	-	3
Total	51	41	5	5	102

5.5. Iluminação

A iluminação do edifício em estudo apresenta diferentes tipos de lâmpadas e potências. De um modo geral, a iluminação, é composta por lâmpadas fluorescentes tubulares T8, fluorescentes circulares T9, incandescentes, de halogénio e por lâmpadas de iodetos metálicos, dos 18 aos 300W, sendo a grande maioria lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 58W e 36W, representando estas em conjunto cerca de 66% da totalidade de lâmpadas do edifício.

Após uma análise mais detalhada da iluminação presente no edifício, que se encontra compilada na tabela 20, verificou-se que existem 633 lâmpadas, que juntamente com os balastros necessários ao seu funcionamento, perfazem um total de 36.545 W de potência instalada.

Tabela 20- Distribuição da iluminação por piso e respetiva potência.

	Nº luminárias	Nº Lâmpadas	Balastro (W)	Potência instalada (W)
r/ch	46	139	1288	6940
1ºPiso	223	311	2296	17250
2ºPiso	74	131	1315	9015
Sótão	39	52	442	3340
Total	382	633	5341	36545

O sistema de iluminação do edifício encontra-se descrito pormenorizadamente nas tabelas 21, 22, 23 e 24 seguintes:

Tabela 21- Descrição dos componentes do sistema de iluminação no piso do rés do chão.

Utilização	Quantidade	Tipo luminária	Nº Lâmpadas	Balastro (W)	Potência instalada	Utiliz. Horas/dia
Receção, sala de espera e zona de circulação	9	Fluorescente tubular T8 6x18W	54	7	1350	10
	2	Fluorescente tubular T8 4x58W	8	12	560	8
Zonas de circulação	3	Fluorescente tubular T8 2x36W	6	9	270	8
	1	Iodeto metálico E27 125W	1	0	125	8
	1	Incandescente 60W	1	0	60	8
	1	Fluorescente tubular T8 18W	1	7	25	8
Sanitários	1	Incandescente 40W	1	0	40	4
	1	Fluorescente circular T8 40W	1	10	50	8
	1	Fluorescente circular T8 32W	1	8	40	8
	2	Incandescente 40W	2	0	80	4
Gabinetes	10	Fluorescente tubular T8 4x58W	40	12	2800	8
	8	Fluorescente tubular T8 2x58W	16	12	1120	8
Arquivo	1	Fluorescente tubular T8 36W	1	9	45	8
Arrumos	1	Fluorescente tubular T8 2x58W	2	12	140	1
	1	Fluorescente tubular T8 58W	1	12	70	1
	2	Fluorescente tubular T8 36W	2	9	90	1

Caldeira e depósitos de gasóleo	1	Incandescente 75W	1	0	75	1
Total	46	-	139	-	6940	-

Tabela 22- Descrição dos componentes do sistema de iluminação no piso 1.

Utilização	Quantidade	Tipo luminária	Nº Lâmpadas	Balastro (W)	Potência instalada	Utiliz. Horas/dia
Arrumos	2	Fluorescente tubular T8 36W	2	9	90	8
	1	Fluorescente tubular T8 2x18W	2	7	50	1
	1	Incandescente 40W	1	0	40	1
Zonas de circulação	1	Fluorescente tubular T8 58W	1	12	70	8
	3	Fluorescente tubular T8 2x36W	6	9	270	8
	4	Iodetos metálicos E27 125W	4	0	500	10
	7	Fluorescente circular T8 40W	7	10	350	8
	7	Fluorescente circular T8 32W	7	8	280	8
	1	Incandescente 60W	1	0	60	8
Sanitários	1	Fluorescente Circular T8 40W	1	10	50	8
	1	Fluorescente circular T8 32W	1	8	40	8
	4	Incandescente 75W	4	0	300	8
Gabinetes	4	Fluorescente tubular T8 4x58W	16	12	1120	8
	6	Fluorescente tubular T8 2x58W	12	12	840	8
	54	Fluorescente tubular T8 58W	54	12	3780	8
	2	Fluorescente tubular T8 2x36W	4	9	180	8
	28	Fluorescente tubular T8 36W	28	9	1260	8

	2	Incandescente 9x40W	18	0	720	8
	2	Incandescente 60W	2	0	120	8
	1	Incandescente 6x40W	6	0	240	8
	1	Incandescente 16x25W	16	0	400	8
	2	Incandescente 6x25W	12	0	300	8
Salão Nobre	22	Fluorescente tubular T8 58W	22	12	1540	2
	56	Fluorescente tubular T8 36W	56	9	2520	2
	2	Fluorescente tubular T8 18W	2	7	50	2
	2	Incandescente 9x40W	18	0	720	2
	2	Incandescente 2x40W	4	0	160	2
	4	Halógeno 300W	4	0	1200	2
Total	223	-	311	-	17250	-

Tabela 23- Descrição dos componentes do sistema de iluminação no piso 2.

Utilização	Quantidade	Tipo luminária	Nº Lâmpadas	Balastro (W)	Potência instalada	Utiliz. Horas/dia
Zonas de circulação	1	Fluorescente circular T8 40W	1	10	50	2
	1	Fluorescente circular T8 32W	1	8	40	2
	6	Iodetos metálicos E27 125W	6	0	750	8
	3	Fluorescente circular T8 40W	3	10	150	5
	3	Fluorescente circular T8 32W	3	8	120	5
	6	Fluorescente tubular T8 4x58W	24	12	1680	5
	1	Fluorescente tubular T8 2x58W	2	12	140	8
	1	Fluorescente tubular T8 58W	1	12	70	8
	1	Fluorescente circular T8 40W	1	10	50	4
	1	Fluorescente circular T8 32W	1	8	40	4
Arrumos	4	Incandescente 60W	4	0	240	1
Sanitários	7	Incandescente 70W	7	0	490	6
Gabinetes	5	Fluorescente Tubular T8 4x58W	20	12	1400	8
	23	Fluorescente Tubular T8 2x58W	46	12	3220	8
	4	Fluorescente Tubular T8 58W	4	12	280	8
	2	Fluorescente circular T8 40W	2	10	100	2
	2	Fluorescente circular T8 32W	2	8	80	2

	1	Fluorescente circular T8 40W	1	10	50	8
	1	Fluorescente circular T8 32W	1	8	40	8
	1	Fluorescente tubular T8 18W	1	7	25	8
Total	74	-	131	-	9015	-

Tabela 24- Descrição dos componentes do sistema de iluminação no piso do sótão.

Utilização	Quantidade	Tipo luminária	Nº Lâmpadas	Balastro (W)	Potência instalada	Utiliz. Horas/dia
Zonas de circulação	1	Fluorescente tubular T8 18W	1	7	25	4
	1	Fluorescente tubular T8 58W	1	12	70	0
	3	Fluorescente tubular T8 2x36W	6	9	270	0
	1	Incandescente 40W	1	0	40	0
Gabinetes	5	Fluorescente tubular T8 36W	5	9	225	8
	7	Fluorescente tubular T8 58W	7	12	490	8
Sótão	2	Fluorescente tubular T8 58W	2	12	140	0
	8	Fluorescente tubular T8 2x36W	16	9	720	0
	4	Fluorescente tubular T8 36W	4	9	180	0
	5	Incandescente 200W	5	0	1000	0
Sala	2	Fluorescente tubular T8 2x36W	4	9	180	2
Total	39	-	52	-	3340	-

Através do gráfico 1, é apresentada a distribuição das lâmpadas por potência, existentes no edifício.



Gráfico 1- Descrição da variedade de potência das lâmpadas no edifício em estudo.

Conforme já foi referido anteriormente, as lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 36W e 58W são as mais presentes no edifício, representando 66%. As lâmpadas fluorescentes tubulares de 18W são responsáveis por 10% e as incandescentes de 40W por 8%, enquanto que as restantes representam 16%. Constatou-se ainda que as lâmpadas de potências mais elevadas, 125W, 200W e 300W, representam apenas cerca de 3% do total de lâmpadas do edifício.

A descrição do número total de lâmpadas por piso no edifício em estudo encontra-se descrita no gráfico 2.



Gráfico 2- Descrição do número total de lâmpadas por piso no edifício em estudo.

O Piso 1 é o que tem um maior número de lâmpadas, 49%, e como consequência é este que tem maior potência consumida, e por sua vez o piso do sótão é o que tem um menor número, 8%.

5.6. Sistemas de climatização

O edifício possui um sistema de aquecimento central com caldeira a gásóleo e sistema de aquecimento por radiação/convecção natural com radiadores de parede, mas que até à data desta dissertação se encontra avariado. Contudo, foi constatado que caso o mesmo não se encontrasse avariado, não seria usado devido ao seu elevado custo de funcionamento.

O aquecimento é feito, portanto, com recurso a sistemas AVAC do tipo unidades individuais de expansão direta tipo *split*, estando estas apenas presentes em gabinetes e salas de reuniões.

A produção de energia térmica é realizada através de 32 unidades condensadoras no exterior, e com 32 evaporadores distribuídos apenas pelos gabinetes e salas de reuniões, encontrando-se os evaporadores exteriores, nas fachadas exteriores de cada piso.

Os equipamentos de climatização existentes no edifício, apresentam-se descritos nas tabelas 25, 26, 27 e 28.

Tabela 25- Descrição dos componentes do sistema de climatização no piso do rés do chão.

Área (m ²)	Operacionabilidade	Unidade Interna		Unidade Externa		Potência (BTU)
		Marca	Ano	Marca	Ano	
9,83	Sim	Haice	2018	Haice	2018	9.000
19,67	Sim	Haice	2018	Haice	2018	9.000
39,3	Sim	Haier	-	Haier	-	3.500
12,7	Não	LG	-	LG	-	5.000
16,73	Sim	Haier	2016	Haier	2016	12.000
18,31	Não	Daewoo	-	Daewoo	-	-
19,45	Sim	Daikin	2015	Daikin	2015	16.000
52,2	Sim	Daikin	2015	Daikin	2015	16.000

Tabela 26- Descrição dos componentes do sistema de climatização no piso 1.

Área (m ²)	Operacionabilidade	Unidade Interna		Unidade Externa		Potência (BTU)
		Marca	Ano	Marca	Ano	
11,59	Sim	Panasonic	-	Panasonic	-	17.000
30,39	Sim	LG inverter	-	LG inverter	-	5.118
21,94	Sim	Haier	-	Haier	-	12.000
29,26	Sim	Haier	-	Haier	-	22.000
19,19	Sim	Daikin	2015	Daikin	2015	16.000
27,64	Sim	Haier	2003	Haier	2003	13.500
30,16	Sim	Sharp inverter	-	Sharp inverter	-	12.000
59,73	Sim	Midea	2017	Midea	2017	24.000
19,19	Sim	Daikin	2015	Daikin	2015	16.000
57,21	Sim	Daikin	2015	Daikin	2015	19.000
27,64	Sim	Daikin	2015	Daikin	2015	16.000
12,45	Sim	Daikin	2015	Daikin	2015	16.000

Tabela 27- Descrição dos componentes do sistema de climatização no piso 2.

Área (m ²)	Operacionabilidade	Unidade Interna		Unidade Externa		Potência (BTU)
		Marca	Ano	Marca	Ano	
29,51	Sim	Haice	2017	Haice	2017	16.000
17,04	Sim	Haice	2018	Haice	2018	9.000
28,45	Sim	Haice	2018	Haice	2018	12.000
44,87	Sim	Daikin Inverter	2015	Daikin Inverter	2015	19.000
13,76	Sim	Daikin	2015	Daikin	2015	28.000
44,87	Sim	Daikin Inverter	2014	Daikin Inverter	2014	19.000
18,39	Não	Fagor Inverter	-	Fagor Inverter	-	12.000
38,02	Sim	Daikin Inverter	2015	Daikin Inverter	2015	19.000
19,46	Sim	Daikin Inverter	2015	Daikin Inverter	2015	19.000
16,14	Sim	Daikin	2015	Daikin	2015	16.000
9,89	Sim	LG	-	LG	-	9.800

Tabela 28- Descrição dos componentes do sistema de climatização no piso do sótão.

Área (m ²)	Operacionabilidade	Unidade Interna		Unidade Externa		Potência (BTU)
		Marca	Ano	Marca	Ano	
10	Sim	Panasonic Inverter	2012	Panasonic Inverter	2012	12.000

Na tabela 29 é possível observar a distribuição dos sistemas de climatização por piso e a sua respectiva potência.

Tabela 29- Distribuição dos sistemas de climatização por piso e respetiva potência.

Piso	Área (m ²)	Potência (BTU)
R/ch	188,19	705.00
Piso 1	346,39	188.618
Piso 2	280,40	178.800
Sótão	10	12.000
Total	824,98	449.918

Para se poderem contabilizar os custos, foi necessário converter a potência dos climatizadores de British Thermal Units (BTU) para Watts (W), através da seguinte fórmula:

$$P(W) = P\left(\frac{BTU}{hr}\right) \times 0.29307107 = P\left(\frac{BTU}{hr}\right) / 3.412141633$$

Com uma análise mais detalhada dos equipamentos AVAC presentes no edifício, foi possível constatar que os mesmos climatizam uma área total de 864,98 m², gerando uma potência total de cerca de 449.918 BTU, ou seja, 131.857,95 W.

Contudo, os 131.857,95 W têm de ser divididos pelo coeficiente de desempenho (COP) / rácio de eficiência energética (EER) médio dos *split's*, de forma a indicar qual a sua potência consumida. Estes indicam o rácio de aquecimento/arrefecimento fornecido por uma unidade relativamente à quantidade de eletricidade fornecida para o gerar.

O COP/EER médio calculado foi de 3,8, portanto, ao dividir-se a potência total produzida (131.857,95 W) pelo COP/EER médio, obteve-se 34.699,46 W de potência total consumida para produzir 131.857,95 W de energia térmica.

5.7. Água quente sanitária

O edifício em estudo não possui qualquer forma de aquecimento de água.

5.8. Instalações sanitárias

O edifício em estudo possui 6 casas de banho, nas quais existem os seguintes equipamentos descritos na tabela 30.

Tabela 30- Componentes sanitários e respetiva quantidade.

Equipamento	Quantidade (n.º)
Lavatórios	7
Sanitas	7
Autoclismos	7
Urinóis	5
Bidés	1
Torneiras	7
Torneiras coluna	3
Fluxómetros	5
Pias	1
Lava loiças	1

Capítulo 6. Análise de custos

Neste capítulo é apresentada uma análise dos custos associados a cada componente suscetível de melhoria, quanto à sua eficiência energética e hídrica.

Os cálculos apresentados neste capítulo são meramente estimativos, com um erro não calculado, servem apenas como referência para comparações no capítulo 7.

6.1. Consumos e custos com energia elétrica

O edifício possui um regime contratual de baixa tensão especial (BTE) em ciclo diário com tarifa tetra-horária, com uma potência contratada no ano 2018 de 108 kW. Dado que existe apenas um controlador elétrico para todo o edifício, não existe, portanto, informação desagregada para diferentes zonas.

Através da análise da tabela 31, foi possível verificar que o edifício em estudo consumiu um total de energia ativa no ano de 2018 de 190.414 kWh, associado a um custo de 44.288,6€.

Tabela 31- Descrição mensal do total da energia ativa e respetivo custo.

	Tot. En. Ativa no período (kWh)	Custo com energia elétrica (€)
Dezembro/janeiro	20860	4488,46
Janeiro/fevereiro	24520	5310,99
Fevereiro/março	21493	4575,44
Março/abril	.*	4279,79
Abril/maio	13778	2862,78
Maio/junho	13142	2697,66
Junho/julho	14144	2909,00
Julho/agosto	15190	3132,76
Agosto/setembro	14877	3073,36
Setembro/outubro	14423	2977,90
Outubro/novembro	17785	3727,97
Novembro/dezembro	20202	4252,49
Total	190414	44288,6

*Acertos da companhia de energia

Com uma análise mais detalhada foi possível verificar que nos meses de menor e maior temperatura ambiente, existe um custo com energia elétrica quase duplicado, comparando com os custos nos meses de temperatura amena.

O custo da energia elétrica foi obtido através da média anual do quociente entre o valor pago em euros em cada mês, pelo total da energia ativa no mesmo mês, em quilowatts hora, devido às estimativas e acertos feitos pelas companhias de energia.

Na tabela 32, apresenta-se o custo da energia elétrica estimado, sendo este de 0.1919€/kWh no ano de 2018.

Tabela 32- Custo mensal e médio da energia elétrica no edifício em estudo.

Período	Custo da energia elétrica (€/kWh)
Dezembro/janeiro	0.2152
Janeiro/fevereiro	0.2166
Fevereiro/março	0.2128
Março/abril	.*
Abril/maio	0.2078
Maio/junho	0.2053
Junho/julho	0.2057
Julho/agosto	0.2062
Agosto/setembro	0.2066
Setembro/outubro	0.2064
Outubro/novembro	0.2096
Novembro/dezembro	0.2105
Custo médio da energia elétrica (€/kWh)	0.1919

*Acertos da companhia de energia

6.2. Consumos e custos com consumo de água

Para a contabilização dos custos com os consumos de água foram tidos em consideração os custos com a água, resíduos sólidos, saneamento, IVA, entre outros.

O edifício em estudo contempla dois contadores, daí na tabela 33 aparecerem custos separados.

Tabela 33- Descrição do volume, custos mensal e total do consumo de água.

Período	Volume de água contador 1 (m³)	Custos com o consumo de água contador 1 (€)	Volume de água contador 2 (m³)	Custos com o consumo de água contador 2 (€)	Volume agregado de água dos dois (m³)	Total agregado dos dois contadores (€)
Dezembro/janeiro	20	84,91	8	34,96	28	119,87
Janeiro/fevereiro	20	114,33	8	53,93	28	168,26
Fevereiro/março	22	118,97	9	63,21	31	182,18
Março/abril	22	118,96	9	58,57	31	177,53
Abril/maio	20	100,39	8	53,91	28	154,30
Maio/junho	19	105,03	8	53,93	27	158,96
Junho/julho	23	137,56	11	81,78	34	219,34
Julho/agosto	23	128,27	11	72,49	34	200,76
Agosto/setembro	29	184,02	10	58,60	39	242,62
Setembro/outubro	29	142,20	10	58,57	39	200,77
Outubro/novembro	27	151,49	11	81,80	38	233,29
Novembro/dezembro	27	137,55	11	67,86	38	205,41
Total	281	1523,68	114	739,61	395	2263,29

Através da tabela 33 é possível verificar que foram consumidos no ano de 2018 395m³ de água, com um custo associado de 2.263,29€, resultando numa média de 33,92m³ mensais, com um custo médio mensal de 188,61€.

Portanto, dividindo o total da fatura de água do ano de 2018 pelo total de água consumida, obtém-se uma estimativa do preço do metro cubico de água, sendo este de 5,73€.

Para contabilizações no capítulo posterior, aquando da proposta de medidas a aplicar nas instalações sanitárias de modo a reduzir o seu consumo de água, fez-se primeiramente uma estimativa de custos.

- **Estimativa de custos com o consumo de água:**

Para esta estimativa, foi considerado que as torneiras tinham um caudal de 8 l/min (caudal médio de uma torneira convencional) e que cada utilização durava cerca de 30 segundos.

Considerou-se ainda, que as torneiras eram utilizadas cerca de duas vezes por dia por cada funcionário do edifício, perfazendo cerca de 632 l/dia de água consumida pelas torneiras.

Quanto às sanitas, considerou-se que por cada descarga efetuada, são consumidos 10 litros de água, considerando-se também duas utilizações por dia por cada funcionário. Contudo, visto

que maioria das utilizações será por senhoras, foram utilizadas nos cálculos, 40 das 79 pessoas, ou seja, aproximadamente metade, totalizando um consumo aproximado de 800 l/dia.

No caso dos urinóis, estes possuem fluxómetros, considerando-se descargas de 15 segundos (tempo médio de descarga de um fluxómetro comum), com 0,3 litros por segundo, totalizando 1,5 litros por descarga. Considerou-se, da mesma forma do caso das sanitas, apenas 40 das 79 pessoas que frequentam o edifício, pois neste caso serão maioritariamente utilizados por homens. Considerou-se também duas utilizações diárias por cada pessoa, totalizando um consumo de 120 litros por dia.

Tabela 34- Custo estimado diário, mensal e anual com as instalações sanitárias.

	Consumo de água(l/dia)	Consumo de água(l/mês)	Consumo de água(l/ano)
Torneiras	632	13904	166848
Sanitas	800	17600	211200
Urinóis (fluxómetros)	120	2640	31680
Total	1552	34144	409728

Com a análise da tabela 34, foi possível observar um consumo diário estimado de aproximadamente 1.552 litros, perfazendo 34.144 litros por mês e um total anual de 409.728 litros, ou seja, são consumidos anualmente 409,728 m³ de água.

Tabela 35- Custo diário, mensal e anual estimado com o consumo de água.

	Custo diário estimado com o consumo de água (€)	Custo mensal estimado com o consumo de água (€)	Custo anual estimado com o consumo de água (€)
Torneiras	3,62	79,64	955,68
Sanitas	4,58	100,76	1209,12
Urinóis (fluxómetros)	0,69	15,18	182,16
Total	8,89	195,58	2346,96

Portanto, como é possível observar na tabela 35, se cada m³ de água custar 5,73€, são estimados gastos diários de 8,89€, mensais de 195,58€, totalizando uma despesa anual de 2346,96€ o que é bastante próximo do valor real contabilizado nas faturas.

6.3. Custos com a iluminação

Os custos com a iluminação foram obtidos multiplicando o consumo de cada tipo de lâmpada em kW e o número de horas de utilização diária, pelo custo médio da energia elétrica pago por este edifício no ano 2018.

Tabela 36- Custo diário, mensal e anual estimado com a iluminação do edifício.

	Custo diário estimado em iluminação (€)	Custo mensal estimado em iluminação (€)	Custo anual estimado em iluminação (€)
r/ch	10,58	232,76	2793,12
1º Piso	19,43	427,46	5129,52
2º Piso	11,87	261,14	3133,68
Sótão	1,19	26,18	314,16
Total	43,07	947,54	11370,48

Através da tabela 36 é possível verificar que o custo diário estimado em iluminação foi de cerca de 43,07 €, mensal de 947,54 € totalizando uma despesa anual de 11.370,48 €.

6.4. Custos com a climatização

O custo diário em climatização foi calculado pela multiplicação da energia consumida por cada equipamento e do número de horas do seu funcionamento pelo preço da energia paga pelo edifício no ano 2018. Considerou-se neste caso, seis horas de utilização diária por aparelho e o custo da energia elétrica, de 0,1919 €/kWh.

Tabela 37- Custo diário estimado em climatização

Potência diária produzida (W)	131857,95
Potência diária consumida (W)	34699,46
Custo diário estimado em climatização (€)	39,95

Analisando a tabela 37, é possível observar que a climatização contempla um total de 131.857,95 W de potência produzida, com um consumo de 34.699,46 W, tendo um custo diário associado de 39,95€.

Na tabela 38, encontra-se resumido o custo diário, mensal e anual em climatização no edifício em estudo.

Tabela 38- Resumo do custo diário, mensal e anual em climatização.

Custo diário estimado em climatização (€)	39,95
Custo mensal estimado em climatização (€)	879,90
Custo anual estimado em climatização (€)	10546,80

6.5. Custo com os Envidraçados

Conforme referido no segundo capítulo, cerca de 25%-35% da energia gasta em climatização dos edifícios, é desperdiçada devido a sistemas de fenestração ineficientes.

Se, a título de estimativa, se considerar que 25% do total gasto em climatização for desperdiçado, os envidraçados do edifício, com caixilharias de madeira e vidro simples, ou seja, muito ineficientes, desperdiçam cerca de 219,98€ dos 879,9€ gastos mensalmente em climatização.

Existe aqui, portanto, um potencial de poupança de cerca de 2639,76€ anuais.

Capítulo 7. Propostas de medidas

Neste capítulo são apresentadas as propostas de medidas de melhoria de desempenho energético e hídrico do edifício em estudo, juntamente com o cálculo do tempo estimado para a recuperação do investimento, bem como a sua comparação com o seu estado atual.

7.1. Proposta para os vãos envidraçados

Devido ao tipo de caixilharia existente ser de madeira e com vidro simples (vidro monolítico), existem perdas e ganhos de temperatura indesejados, provocando uma diminuição do rendimento da climatização do edifício e por consequência um aumento na fatura de eletricidade e gases de efeito de estufa.

Foram pedidos orçamentos para a substituição dos vãos envidraçados atuais, contudo até à data desta dissertação, não foram concluídos. Contudo, propõe-se a substituição das caixilharias atuais, por caixilharias e vidros mais eficientes, como é o caso de caixilharias em PVC com vidro duplo (vidro *float* incolor, insulado).

7.2. Proposta para a iluminação

Quanto à iluminação, propõe-se a substituição integral das lâmpadas existentes por lâmpadas de tecnologia LED, com iluminação equivalente à atual.

As tabelas 39, 40, 41 e 42 seguintes, detalham em específico o tipo de lâmpada para cada piso e divisão do edifício.

Tabela 39- Descrição dos componentes propostos para o sistema de iluminação no piso do rés do chão.

Utilização	Quantidade	Tipo luminária	Nº Lâmpadas	Potência instalada	Utiliz. Horas/dia
Receção, sala de espera e zona de circulação	9	LED tubular T8 6x9W	54	486	10
Zonas de circulação	2	LED tubular T8 4x24W	8	192	8
	3	LED tubular T8 2x18W	6	108	8
	1	LED 17,5W	1	17,5	8
	1	LED 7W	1	7	8
	1	LED tubular T8 9W	1	9	8
Sanitários	1	LED 5W	1	5	4
	1	Plafón led circular 24W	1	24	8
	1	Plafón led circular 12W	1	12	8
	2	LED 5W	2	10	4
Gabinetes	10	LED tubular T8 4x24W	40	960	8
	8	LED tubular T8 2x24W	16	384	8
Arquivo	1	LED tubular T8 18W	1	18	8
Arrumos	1	LED tubular T8 2x24W	2	48	1
	1	LED tubular T8 24W	1	24	1
Caldeira e depósitos gasóleo	2	LED tubular T8 18W	2	36	1
	1	LED 10W	1	10	1
Total	46	-	139	2350,5	-

Tabela 40- Descrição dos componentes propostos para o sistema de iluminação no piso 1.

Utilização	Quantidade	Tipo luminária	Nº Lâmpadas	Potência instalada	Utiliz. Horas/dia
Arrumos	2	LED tubular T8 18W	2	36	8
	1	LED tubular T8 2x9W	2	18	1
	1	LED 5W	1	5	1
Zonas de circulação	1	LED tubular T8 24W	1	24	8
	3	LED tubular T8 2x18W	6	108	8
	4	LED 17,5W	4	70	10
	7	Plafón led circular 24W	7	168	8
	7	Plafón led circular 12W	7	84	8
	1	LED 7W	1	7	8
Sanitários	1	Plafón led circular 24W	1	24	8
	1	Plafón led circular 12W	1	12	8
	4	LED 10W	4	40	8
Gabinetes	4	LED tubular T8 4x24W	16	384	8
	6	LED tubular T8 2x24W	12	288	8
	54	LED tubular T8 24W	54	1296	8
	2	LED tubular T8 2x18W	4	72	8
	28	LED tubular T8 18W	28	504	8
	2	LED 9x5W	18	90	8
	2	LED 7W	2	14	8
	1	LED 6x5W	6	30	8
	1	LED 16x4W	16	64	8
	2	LED 6x4W	12	48	8
Salão Nobre	22	LED tubular T8 24W	22	528	2
	56	LED tubular T8 36W	56	2016	2

	2	Fluorescente tubular T8 9W	2	18	2
	2	LED 9x5W	18	90	2
	2	LED 2x5W	4	20	2
	4	Painel LED 40W	4	160	2
Total	223	-	311	6218	-

Tabela 41- Descrição dos componentes propostos para o sistema de iluminação no piso 2.

Utilização	Quantidade	Tipo luminária	Nº Lâmpadas	Potência instalada	Utiliz. Horas/dia
Zonas de circulação	1	Plafón led circular 24W	1	24	2
	1	Plafón led circular 12W	1	12	2
	6	LED 17,5W	6	105	8
	3	Plafón led circular 24W	3	72	5
	3	Plafón led circular 12W	3	36	5
	6	LED tubular T8 4x24W	24	576	5
	1	LED tubular T8 2x24W	2	48	8
	1	LED tubular T8 24W	1	24	8
	1	Plafón led circular 24W	1	24	4
	1	Plafón led circular 12W	1	12	4
Arrumos	4	LED 7W	4	28	1
Sanitários	7	LED 10W	7	70	6
Gabinetes	5	LED Tubular T8 4x24W	20	480	8
	23	LED Tubular T8 2x24W	46	1104	8
	4	LED Tubular T8 24W	4	96	8
	2	Plafón led circular 24W	2	48	2
	2	Plafón led circular 12W	2	24	2
	1	Plafón led circular 24W	1	24	8
	1	Plafón led circular 12W	1	12	8
	1	LED tubular T8 9W	1	9	8
Total	74	-	131	2828	-

Tabela 42- Descrição dos componentes propostos para o sistema de iluminação no piso do sótão.

Utilização	Quantidade	Tipo luminária	Nº Lâmpadas	Potência instalada	Utiliz. Horas/dia
Zonas de circulação	1	LED tubular T8 9W	1	9	4
	1	LED tubular T8 24W	1	24	0
	3	Fluorescente tubular T8 2x18W	6	108	0
	1	LED 5W	1	5	0
Gabinetes	5	LED tubular T8 18W	5	90	8
	7	LED tubular T8 24W	7	168	8
Sótão	2	LED tubular T8 24W	2	48	0
	8	LED tubular T8 2x18W	16	288	0
	4	LED tubular T8 18W	4	72	0
	5	LED 17.5W	5	87,5	0
Sala	2	LED tubular T8 2x18W	4	72	2
Total	39	-	52	971,5	-

Através da análise da tabela 43, foi possível verificar que a potência total das medidas propostas totaliza 12.367,5 W.

Tabela 43- Distribuição da iluminação proposta por piso e respetiva potência.

	Nº luminárias	Nº Lâmpadas	Potência instalada (W)
r/ch	46	139	2350
1ºPiso	223	311	6218
2ºPiso	74	131	2828
Sótão	39	52	971,5
Total	382	633	12367,5

Tabela 44- Comparação da potência instalada do sistema de iluminação atual com o proposto.

	Potência instalada atualmente (W)	Potência proposta (W)	Diferença (W)
r/ch	6940	2350	4590
1ºPiso	17250	6218	11032
2ºPiso	9015	2828	6187
Sótão	3340	971.5	2368.5
Total	36545	12367,5	24177,5

Através da tabela 44, é possível constatar que se obteria uma diminuição em cerca de 24.177,5 W, ou seja, praticamente 70% de redução de potência, mantendo aproximadamente o mesmo nível de iluminação.

Na tabela 45 é possível observar o custo diário, mensal e anual estimado, com o sistema de iluminação proposto, em cada piso.

Tabela 45- Custo estimado diário, mensal e anual com o sistema de iluminação proposto.

	Custo diário estimado em iluminação (€)*	Custo mensal estimado em iluminação (€)	Custo anual estimado em iluminação (€)
r/ch	3,62	79,64	955,68
1º Piso	6,28	138,16	1657,92
2ºPiso	3,73	82,06	984,72
Sótão	0,43	9,46	113,52
Total	14,06	309,32	3711,84

O custo diário estimado em iluminação foi obtido multiplicando o consumo de cada tipo de lâmpada em kW e o número de horas de utilização diária, pelo custo médio da energia elétrica paga por este edifício no ano 2018.

Como é possível observar na tabela 46, a solução proposta para a iluminação, permitiria passar de cerca de 11.370,48€ gastos anualmente em iluminação, para 3711,84€, ou seja, uma diferença de 7658,64€ poupados anualmente, ou seja, menos 67,36%.

Tabela 46- Comparação do custo anual com a iluminação atual e proposta.

	Custo anual estimado em iluminação existente (€)	Custo anual estimado em iluminação proposto (€)	Diferença (€)
r/ch	2793,12	955,68	1837,44
1º Piso	5129,52	1657,92	3471,60
2º Piso	3133,68	984,72	2148,96
Sótão	314,16	113,52	200,64
Total	11370,48	3711,84	7658,64

O investimento total na substituição da iluminação existente no edifício pela iluminação LED proposta, seria de 3944,93€, como é possível observar na tabela 47.

Tabela 47- Orçamento estimado com a proposta para a iluminação.

	Quantidade (n.º)	Preço por unidade (€)	Preço total (€)
Tubular T8 9W	61	4,02	245,22
Tubular T8 18W	140	6,05	847,00
Tubular T8 24W	279	7,06	1969,74
Plafón led circular 24W	17	10,11	171,87
Plafón led circular 12W	17	5,03	85,51
LED 4W	28	1,98	55,44
LED 5W	51	1,01	51,51
LED 7W	8	1,01	8,08
LED 10W	12	1,21	14,52
LED 17,5W	16	22,12	353,92
Painel led 40W	4	35,53	142,12
Total	633	-	3944,93

Quanto ao período de recuperação do investimento, no caso da iluminação existente no edifício, são gastos cerca de 43,07€ por dia de utilização e, com a iluminação proposta, os gastos passariam para cerca de 14,06€. Ao fazer-se a diferença entre os gastos atuais e os propostos, obtém-se um total de 29,01€, ou seja, é poupado diariamente este montante. Se o total do investimento na iluminação proposta (3944,93€) for dividido pelo valor poupado diariamente com a substituição, apenas seriam necessários cerca de 136 dias para recuperar o investimento efetuado.

Por outro lado, as lâmpadas LED propostas têm uma vida útil média de cerca de 30.000 horas, ou seja, cerca de 15 anos, fazendo com que o seu custo de manutenção seja praticamente nulo

em comparação com as lâmpadas incandescentes que têm um período de vida útil de cerca de 1 ano e com as lâmpadas fluorescentes, em que a sua vida útil é de cerca de 6 a 10 anos.

De forma a garantir uma utilização ainda mais eficiente da iluminação, garantindo que esta funcione somente quando necessário, e de acordo com a necessidade dos ocupantes, propõe-se também a instalação de um sistema de controlo automático com sensor de movimento, mais especificamente um detetor volumétrico de infravermelho passivo (PIR).

Propõe-se a sua colocação somente nas casas de banho, pois como o edifício em estudo se trata de um edifício público de serviços, com movimentação quase constante, seria visualmente desagradável a sua colocação noutro tipo de divisão.

Como já foi referido no quarto capítulo, será de esperar uma poupança com a utilização deste dispositivo de até 30%, nas zonas em que os mesmos iluminam.

7.3. Proposta para os sistemas de climatização

No que toca ao aquecimento, visto que o edifício em estudo já apresenta toda a instalação de tubagens e radiadores proveniente do aquecimento central com caldeira a gásóleo, seria apenas necessário substituir a caldeira atual a gásóleo por uma mais económica e ecológica, como é o caso das caldeiras de biomassa, neste caso com funcionamento a *pellets*. Isto tendo em conta que o preço do gásóleo no ano 2018 rondou os 0,14€ por kWh, enquanto que o preço das *pellets*, rondou os 0,06€ por kWh e ainda com a vantagem de ser possível utilizar *pellets* de origem sustentável, sendo estas neutras em emissões de carbono, de acordo com a DECO (DECO, 2018; DECO, 2019). Ou seja, em termos de custos por kWh, as *pellets* poupam cerca de 0,09€.

Para as condições do edifício em estudo, propõe-se a aquisição de uma caldeira de biomassa a *pellets* com potência suficiente para aquecer 824,98 m², com um pé direito de 4,2 m, ou seja 3464,92 m³, semelhante à caldeira a gásóleo presente no edifício, ou seja, seriam necessários cerca de 80 kW de potência, como é o exemplo da caldeira Pellexia 80, com um custo de cerca de 21.797 €. Este tipo de caldeira tem um consumo médio de *pellets* de 10,39 Kg/h.

O custo médio das *pellets*, segundo as sete marcas testadas pela DECO, ronda os 0.229 €/Kg (DECO, 2019).

Se a caldeira proposta tiver um funcionamento diário de cerca de 8 horas, consome cerca de 83,12 Kg *pellets* por dia, sendo o custo aproximado das *pellets* de 0,229 €/Kg, ou seja, seriam gastos cerca de 19,03 € por dia útil em aquecimento, 418,66 € mensalmente e 2511,96€ anualmente, como é possível observar na tabela 48.

Este tipo de aquecimento funcionaria apenas cerca de seis meses por ano (meses mais frios, novembro até abril), enquanto que os *split's* serviriam apenas para arrefecimento nos restantes meses, que são os de maior calor (maio até outubro).

Tabela 48- Custo diário, mensal e anual do aquecimento a *pellets* proposto.

Custo diário aquecimento <i>pellets</i> (€)	Custo mensal aquecimento <i>pellets</i> (€)	Custo anual aquecimento <i>pellets</i> (€)*
19,03	598,84	3593,04

*Período de utilização de novembro até abril (6 meses).

Na tabela 49 é apresentado o custo diário, mensal e anual com o arrefecimento do edifício em estudo nos seis meses de maior calor.

Tabela 49- Custo diário, mensal e anual do arrefecimento nos 6 meses de maior calor.

Custo diário arrefecimento <i>split's</i> (€)	Custo mensal arrefecimento <i>split's</i> (€)	Custo anual arrefecimento <i>split's</i> (€)*
39,95	878,90	5273,40

*Período de utilização de maio até outubro (6 meses).

Como é possível observar na tabela 50 o custo anual em climatização com a aplicação das medidas propostas, totalizaria cerca de 7785,36 €.

Tabela 50- Custo anual em climatização com as medidas propostas.

Custo anual em aquecimento (€)	Custo anual em arrefecimento (€)	Total (€)
2511,96	5273,40	7785,36

Caso sejam aplicadas as medidas para a climatização propostas, seriam poupados anualmente, neste edifício, cerca de 2761,44 € por ano, como se pode observar através da tabela 51.

Tabela 51- Diferença entre o custo de climatização atual e proposto.

Custo anual em climatização atual (€)	Custo anual em climatização proposto (€)	Diferença (€)
10546,80	7785,36	2761,44

Quanto ao período de recuperação do investimento, no caso do aquecimento existente no edifício, são gastos atualmente cerca de 39,95 € por dia de utilização, e com as medidas propostas, os gastos passariam para cerca de 19,03 € por dia. Ao fazer-se a diferença entre os gastos atuais com aquecimento e os propostos, obtém-se um total de 20,92 € (redução de cerca

de 52%), ou seja, é poupado diariamente este montante. Se o total do investimento na proposta de aquecimento (21.797 €) for dividido pelo valor poupado diariamente com a medida proposta, seriam necessários cerca de 1042 dias úteis de utilização para recuperar o investimento efetuado.

Como o aquecimento do edifício é feito apenas nos seis meses de maior frio, e apenas nos dias úteis semanais (segunda a sexta), seriam necessários cerca de 8 anos para ser recuperado todo o investimento.

Para uma utilização mais eficiente, são ainda sugeridas as seguintes medidas:

- Nos radiadores a água, o ar que possam conter no seu interior dificulta a transmissão de calor da água quente para o exterior, pelo que é conveniente purgar este ar, pelo menos uma vez por ano, no início da utilização;
- É importante não cobrir os radiadores nem encostar nenhum objeto, para não criar obstáculos à adequada difusão do ar quente;
- Prevenir a degradação dos aparelhos mediante uma manutenção adequada da caldeira individual, podendo permitir poupar cerca de 15% em energia.

Quanto ao arrefecimento do edifício, o ideal seria um sistema centralizado de ar condicionado, o que seria também vantajoso para o aquecimento, dispensando o aquecimento central. Contudo, como o edifício possui atualmente climatizadores recentes, e por isso, o investimento num sistema centralizado não se justificaria, ainda com a agravante de se tratar de um edifício histórico que necessitaria de grandes remodelações para colocar tal sistema, o que seria visualmente desagradável.

Todavia, o tipo de climatizadores existentes atualmente no edifício, requerem uma série de boas práticas para serem usados de uma forma mais eficiente, como:

- Manter uma temperatura adequada, ou seja, 24°C no verão. Pois por um lado o aumento de 1°C implica um acréscimo do consumo de energia em cerca de 7%, e por outro lado uma diferença de temperatura de 12°C entre o exterior e o interior, não é saudável;
- Efetuar a limpeza dos filtros e das saídas e entradas do ar condicionado;
- Ligar apenas quando necessário;
- Verificar se todas as portas e janelas se encontram fechadas;
- Deixar o aparelho ligado apenas até as instalações chegarem à temperatura desejada.

7.4. Proposta para a eficiência hídrica

Para as torneiras presentes no edifício, com um simples arejador, é possível reduzir o seu consumo de água de 8 l/min para 4 l/min, ou seja, 50% de redução, mantendo a mesma sensação de pressão.

No caso das sanitas, propõe-se a substituição do descarregador do autoclismo pela tecnologia de descarga dupla, na qual é possível regular a quantidade de água mais adequada para cada tipo de necessidade. A colocação de um descarregador 6/3 litros, reduziria então para mais de metade o consumo de água utilizada nas descargas sanitárias.

Por último, nos urinóis, não se justifica a sua substituição ou melhoria, pois já possuem fluxómetros.

Com a aplicação das medidas propostas, o consumo diário de água passaria para 796 litros, o consumo mensal para 17.512 litros e anual para 210.144 litros, como é possível observar na tabela 52.

Tabela 52- Consumo diário, mensal e anual estimado com aplicação das medidas propostas.

	Consumo de água(l/dia)	Consumo de água(l/mês)	Consumo de água(l/ano)
Torneiras	316	6952	83424
Sanitas	360	7920	95040
Urinóis (fluxómetros)	120	2640	31680
Total	796	17512	210144

O consumo de água total anual, com a aplicação das medidas propostas, passaria então, de 409.728 litros para 210.144 litros, ou seja, uma redução de 199.584 litros por ano, ou seja, uma redução de aproximadamente 48,71 %, como é possível observar na tabela 53.

Tabela 53- Comparação entre o consumo diário atual de água com o proposto.

	Consumo de água atual estimado (l/ano)	Consumo de água proposto estimado (l/ano)	Diferença (l/ano)
Torneiras	166848	83424	83424
Sanitas	211200	95040	116160
Fluxómetros	31680	31680	0
Total	409728	210144	199584

Como é possível constatar na tabela 54, o custo diário estimado é de 4,56 €, mensal de 100,32 € e anual de 1203,84 €.

Tabela 54- Custo diário, mensal e anual estimado com o consumo de água com as medidas propostas.

	Custo estimado diário (€/dia)	Custo estimado mensal (€/mês)	Custo estimado anual (€/ano)
Torneiras	1,81	39,82	477,84
Sanitas	2,06	45,32	543,84
Fluxómetros	0,69	15,18	182,16
Total	4,56	100,32	1203,84

Quanto ao investimento na proposta de eficiência hídrica, orça em cerca de 225,4 € para a substituição dos descarregadores de autoclismos, por descarregadores com autoclismos de dupla descarga (6/3 litros), e em 37,51 € para a colocação de arejadores em todas as torneiras, totalizando 262,91 € de investimento, como se pode observar na tabela 55.

Tabela 55- Orçamento estimado com a proposta para a eficiência hídrica.

	Quantidade (nº)	Preço unidade (€)	Preço total (€)
Dupla descarga	7	32,2	225,4
Arejadores	11	3,41	37,51
Total	-	-	262,91

Através da análise da tabela 56, é possível verificar que existe uma redução de aproximadamente 50% do consumo de água com as medidas propostas, como já foi referido anteriormente. Para além disso, é possível também verificar que o custo estimado com o consumo de água, passaria de 2346,96 € para 1203,84€, ou seja, uma redução de 1143,12 € (menos 48,7%).

Tabela 56- Diferença estimada anual entre o custo com o consumo de água atual e o consumo de água proposto.

	Custo estimado em água atual (€/ano)	Custo estimado em água com medidas propostas (€/ano)	Diferença (€)
Torneiras	955,68	477,84	477,84
Sanitas	1209,12	543,84	665,28
Urinóis (fluxómetros)	182,16	182,16	0
Total	2346,96	1203,84	1143,12

Quanto ao período de recuperação do investimento:

São gastos aproximadamente 8,89€ diariamente, e com as medidas propostas, este gasto encolheria para 4,56€. Ao fazer-se a diferença dos gastos atuais para os gastos propostos, obtém-se 4,33€ (menos 48,7 %), ou seja, é poupado diariamente este montante. Se o total do

investimento proposto para a redução do consumo de água (262,91€) for dividido pelo valor poupado diariamente com as medidas propostas, apenas seriam necessários cerca de 61 dias uteis para o investimento ser recuperado.

Capítulo 8. Considerações finais

No presente capítulo são sintetizadas as principais conclusões do decorrer deste trabalho e são também sugeridas, como resultado da experiência adquirida, algumas limitações e propostas de trabalhos futuros.

8.1. Conclusões

A eficiência, quer seja energética ou hídrica, é um fator relevante em qualquer organização. Sendo o setor dos edifícios responsável por cerca de 40% do consumo de energia final na UE, e estando presente que este valor pode ser reduzido em 50% com a aplicação de medidas de eficiência, verifica-se que o estudo do ponto de vista energético dos edifícios, tanto de habitação como de comércio e serviços, é fundamental para que se tomem medidas para a redução da fatura energética e da sua consequente poluição.

O edifício em estudo nesta dissertação, é a sede da administração local da Covilhã, encontrando-se este estudo limitado a equipamentos de climatização, iluminação e sanitários, que funcionam durante longos períodos de tempo, durante praticamente todo o ano. Esta dependência energética é o fator estimulante para a procura de soluções mais eficientes e económicas, não só com o objetivo de reduzir os seus custos de operação, mas também para tornar esta atividade mais sustentável do ponto de vista ambiental e servir como exemplo para outro tipo de organização.

O principal objetivo deste projeto foi sugerir uma proposta de implementação de medidas de eficiência energética e hídrica ao nível das diversas instalações do edifício em estudo.

Neste caso de estudo, foram identificados e caracterizados, em relação à eficiência energética, os vãos envidraçados, a iluminação e a climatização, e em relação à eficiência hídrica, os equipamentos sanitários presentes no edifício, para que fosse possível propor medidas de implementação com o intuito de aumentar a sua eficiência.

Em primeiro lugar, quanto aos vãos envidraçados, constatou-se que a sua caixilharia é composta por madeira, com vidro simples, pois trata-se de um edifício histórico da cidade da Covilhã, com mais de 60 anos, características estas que tornam as superfícies envidraçadas altamente ineficientes, considerando-se que desperdicem cerca de 25% do total gasto em climatização. Propõe-se por isso que sejam substituídos por envidraçados com caixilharias em PVC com vidro duplo.

No caso da iluminação, encontra-se maioritariamente composta por lâmpadas fluorescentes tubulares, desperdiçando estas grande parte da sua energia sob a forma de calor. Por outro lado, o seu tempo médio de vida útil também é bastante reduzido, quando comparado com iluminação com tecnologia LED. Propõe-se então, a sua substituição integral por iluminação LED equivalente.

Quanto à climatização, o edifício possui para aquecimento, uma caldeira a gasóleo, com radiadores distribuídos pelo edifício. Contudo, a mesma encontrava-se avariada, e por isso, são usados *split's*, como forma de aquecimento e arrefecimento. Chegou-se por isso à conclusão que para o aquecimento, a melhor solução seria adquirir uma caldeira a biomassa, com uso de *pellets*, baixando assim a fatura energética e a pegada ecológica, e para arrefecimento, continuar a usar o sistema de *split's* já instalados, pois são relativamente recentes. Contudo, são ainda sugeridas algumas medidas com o intuito da utilização dos mesmos ser mais eficiente.

Por último, quanto ao consumo de água, não é consumida água quente sanitária. A utilização de água, resume-se apenas ao seu consumo em equipamentos sanitários, como sanitas, bidés, torneiras e urinóis. Contudo, o tipo de descarregadores de autoclismo e torneiras encontrados, têm consumos de água muito elevados, quando comparados com tecnologias e equipamentos mais recentes. Perante isto propõe-se, no caso dos autoclismos, a sua substituição pela tecnologia de dupla descarga e quanto às torneiras, a colocação de arejadores.

A tabela 57, resume a situação atual e após implementação da proposta de medidas de eficiência energética e hídrica.

Tabela 57- Resumo da comparação da situação atual e após implementação da proposta de medidas de eficiência energética e hídrica no edifício em estudo.

Iluminação					
Atual		Proposto			
Eletricidade (kWh)	Custo utilização (€/ano)	Investimento (€)	Eletricidade (kWh)	Custo utilização (€/ano)	PRI (dias)
36545	11370	3732,13	12367,5	3944,93	136
Climatização					
Atual		Proposto			
Eletricidade (€/ano)		Investimento (€)	Custo utilização (€/ano)	PRI (dias)	
10546,8		21797	7785,36	1042	
Água					
Atual		Proposto			
Quantidade (m³)	Água (€/ano)	Investimento (€)	Quantidade (m³)	Água (€/ano)	PRI (dias)
451,44	2346,96	262,91	210,144	1203,84	61
Vãos envidraçados					
Atual		Proposto			
Caixilharia em madeira com vidro simples		Investimento (€)		-	
		-		Caixilharia em PVC com vidro duplo (poupança potencial de 25% por evitar desperdício) *	
Atual			Proposto		
24263,76 €			10987,79 €		
-13.275,97 € por ano					

*25% de 7785,36 € = 1946,34 €

Como é possível observar na tabela 57, atualmente no edifício em estudo são gastos anualmente em iluminação, climatização, consumo de água e ineficiência dos vãos envidraçados, 24.263,76 €, que após a implementação das propostas de medidas, seriam reduzidos em cerca de 13.275,97 €, ou seja, uma redução de cerca de 54,7%, para aproximadamente 10.987,79 €, ainda com uma maior poupança caso se cumpram as boas práticas de manutenção e boa utilização dos equipamentos de climatização. Haverá ainda como consequência desta redução na fatura energética, uma diminuição proporcional da pegada ecológica deixada por este edifício.

8.2. Limitações e propostas de trabalhos futuros

Na realização desta dissertação, surgiram algumas limitações, como é o caso da obtenção dos consumos de eletricidade desagregados. Após a realização deste trabalho, verifica-se que ainda existe um potencial de desenvolvimento deste estudo, e por isso, como perspetivas de desenvolvimento futuros, sugere-se a utilização de um software de simulação de modo a ser possível caracterizar os consumos, necessidades e ganhos energéticos para que seja possível

efetuar uma classificação energética e quantificar a sua pegada ecológica, tudo com maior precisão.

Referências

ADENE. (2010). Guia da eficiência energética. Disponível em: http://www.louleadapta.pt/uploads/document/11_ADENE_Guia_Eficiencia_Energetica.pdf

ADENE. (s.d.). Estado, administração pública. Disponível em: <https://www.adene.pt/estado/>

Aki. (s.d.). Automático de escada. Disponível em: <https://www.aki.pt/eletricidade/equipamento-para-quadros-electricos/equipamento-para-quadros-electricos/outros-equipamentos-modular/automaticodeescada-legrand-p33777.aspx?gclid=CjwKCAjw2qHsBRAGEiwAMbPoDL1vhEFvARLZBiC2AfNhjKyv45KFf>

Alves, M. E. P. (2015). Eficiência hídrica em edifícios. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Universidade do Porto, Porto.

Aqua experience. (s.d.). Eficiência hídrica em edifícios. Disponível em: <https://www.aquaexperience.pt/assets/frontend/desktop/ebook/Ebook-Aqua-eXperience.pdf>

Arafa, O. M. & Mansour, A. A. (2015). Economic study of replacing conventional ballast with electronic ballast for high pressure sodium lamps used in public lighting in Egypt. *Journal of Electrical Systems and Information Technology*, 2(1), 120-132

Ariosto, T., & Memari, A. M. (2012). State-of-the-art review of window retrofit options for energy saving in single family dwellings. In 1st residential building design & construction conference, 221-230.

Ariosto, T., Memari, A. M., & Solnosky, R. L. (2019). Development of designer aids for energy efficient residential window retrofit solutions. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 33, 1-13.

Ariosto, T., Memari, A. M., Blansett, K., & Memari, A. (2013). Evaluation of residential window retrofit solutions for energy efficiency. The Pennsylvania Housing Research Center, Research Series Report No. 111. ISBN: 978-1-62307-002-1

Aslani, A., Niknejad, M., & Maghami, A. (2017). Robustness of US economy and energy supply/demand fluctuations. *International Journal of Energy Optimization and Engineering*, 6(4), 1-15.

Barbosa, A. M. (2013). Eficiência energética e energias renováveis em edifícios. Dissertação de mestrado em Engenharia Eletrotécnica. Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto.

Barbosa, L. R. (2015). Inversor classe D half bridge para acionamento de lâmpada HID. In ResearchGate. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Lampada-de-Vapor-de-Sodio-de-Alta-Pressao_fig2_283462344

Bley, F. B. (2012). LEDs versus Lâmpadas Convencionais Viabilizando a troca. Curitiba: Especialize.

Brandão, F. J. F. (2012). Eficiência e gestão energética dos edifícios municipais de Matosinhos. Dissertação de mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Universidade do Porto, Porto.

Cardoso, L. C. R. (2015). Desenvolvimento de uma base de dados para manutenção de iluminação industrial. Dissertação de mestrado em Automação e Comunicações em Sistemas de Energia. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Instituto politécnico de Coimbra, Coimbra.

Casa das torneiras. (s.d.). Torneira automática sensor mod paris. Disponível em: <https://www.casadastorneiras.com.br/torneira-sensor/torneira-automatica-sensor-mesa-bivolt-110220-metal-cromado-cod-m3135.phtml>

Catálogo BMK. (s.d.). Catálogo BMK. Disponível em: <https://www.agostinhoalmeida.com/media/1099/catalogo-bmk.pdf>

CHL. (s.d.). Lâmpada halogénio 230V GU10 50W. Disponível em: <https://www.chlengenharia.pt/compra/lampada-halogeneo-230v-gu10-50w-576840>

Chouriço, F. F. (2017). Estudo de soluções de otimização para melhoria da eficiência energética do edifício Tec Labs. Dissertação de mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente. Faculdade de Ciências, Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia, Universidade de Lisboa, Lisboa.

Costa53. (2011). Regulador de caudal versus poupança de água. Disponível em: <https://forumdacasa.com/discussion/21264/regulador-de-caudal-versus-poupanca-de-agua/>

Cota, S. M. A. (2014). Análise energética de um edifício público. (Dissertação de Mestrado em Energias Renováveis e Eficiência Energética). Instituto Politécnico de Bragança, Bragança.

Daikin. (s.d.). Tecnologias energeticamente eficientes para o futuro. Disponível em: https://www.daikin.pt/pt_pt/solutions/for-your-home/home-air-conditioning.html

DECO. (2018). Caldeira a gásóleo para aquecimento ainda compensa? Disponível em: <https://www.deco.proteste.pt/casa-energia/energias-renovaveis/dicas/caldeira-a-gasoleo-ainda-compensa>

DECO. (2019). Lista de resultados do teste a pellets. Disponível em: <https://www.deco.proteste.pt/casa-energia/aquecimento/testes/pellets/results>

DECO. (2019). Salamandras a pellets: guia de compras. Disponível em: <https://www.deco.proteste.pt/casa-energia/aquecimento/guia-de-compras/salamandras-a-pellets-guias-de-compras>

Demanboro, A. C., Fabiano, B., Longo, R. M., & Bettine, S. C. (2015). Avaliação do consumo de água em torneiras em ambiente universitário. *Ambiente Construído*, 15(3), 135-143.

DGEG. (2002). Áreas Setoriais. Disponível em: <http://www.dgeg.gov.pt/pagina.aspx?js=0&codigono=636364486449AAAAAAAAAAAAA>

DGEG. (2014). Áreas Setoriais. Disponível em: <http://www.dgeg.gov.pt/>

DGEG. (s.d.). Áreas setoriais, edifícios. Disponível em: <http://www.dgeg.gov.pt/default.aspx?cn=636364486449AAAAAAAAAAAAA>

DGEG. (s.d.). Areas setoriais, iluminação. Disponível em: <http://www.dgeg.gov.pt/pagina.aspx?js=0&codigono=636364487921AAAAAAAAAAAAA>

Dias, R. D. C. A. (2013). Estudo económico-financeiro sobre a implementação de sistemas de uso eficiente da água numa habitação. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil). Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa.

Direct Industry. (s.d.). Detector de movimento/infravermelho passivo. Disponível em: <https://www.directindustry.com/pt/prod/perry-electric/product-65713-500850.html>

Docol. (s.d.). Arejador standard. Disponível em: <https://www.docol.com.br/pt/produto/arejador-standard-m24-8-lpm>

Dream Inc. (2013). 10ª Semi condutores - LED díodo emissor de luz. Disponível em: https://www.dreaminc.com.br/sala_de_aula/10a-semi-condutores-led-diodo-emissor-de-luz/

EDP. (2006). Guia prático da eficiência energética. Disponível em: http://www.louleadapta.pt/uploads/document/13_EDP_Guia_Eficiencia_Energetica.pdf

EEE. (2007). Norma EN 12464-1. O Candela, n.º 9 (novembro). Disponível em: <http://media.eee.pt/multimedia/documentos/508/CANDELA09.pdf>

El Corte Inglés. (s.d.). Bicomando para lavatório Carmen Roca. Disponível em: <https://www.elcorteingles.pt/casa-e-decoracao/A26493080-bicomando-para-lavatorio-carmen-roca/>

Eletricista Consciente. (2017). Eficiência energética em Sistemas Elétricos. Disponível em: <http://www.eletricistaconsciente.com.br/pontue/fasciculos/7-eficiencia-no-consumo-de-energia-eletrica/eficiencia-energetica-em-sistemas-eletricos/>

Eletrorede. (s.d.). Lâmpada vapor metálico. Disponível em: <https://www.eletrorede.com.br/lampada-vapor-metalico-250w-tubular-hqi-t-osram.html>

Enat. (s.d.). Aquecimento e arrefecimento. Disponível em: <https://www.enat.pt/artigo-ventiloconvectores>

ERSE. (2014). Guia de eficiência energética, manual de boas práticas. Disponível em: http://www.erse.pt/pt/planodepromocaodaeficiencianoconsumoppec/poupar/Documents/M_BP_Saude_IBD_PPEC2013_2014.pdf

ERSE. (2017). Plano de promoção da eficiência energética no consumo de energia elétrica (PPEC) 2017-2018. Disponível em: <http://www.erse.pt/pt/planodepromocaodaeficiencianoconsumoppec/ppec17-18/Paginas/default.aspx>

ETAP. (2012). Dossier EN 12464-1, Descrição resumida da Norma. Disponível em: https://www.etaplighting.com/sites/default/files/uploads/Dossier%20EN%2012464-1_AT_PT_A4_lr.pdf

European Commission. (2019). Energy performance of buildings. Disponível em: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-performance-of-buildings/overview>

Eurotubo. (s.d.). Torneiras. Disponível em:
<http://pre.pt/eurotubo/pdf/Produtos/Torneiras%20e%20Complementos/Torneiras%20Roca/Tabela/Tabela%20Roca%202017.pdf>

Fasola, G. B., Ghisi, E., Marinoski, A. K., & Borinelli, J. B. (2011). Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC. *Ambiente Construído*, 11(4), 65-78.

Fernandes, R. F. C. (2008). Eficiência energética de edifícios versus qualidade de iluminação. Dissertação de mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Universidade do Porto, Porto.

Ferreira, F. A. A. (2012). Referenciais para os níveis de consumo de água sustentáveis em edifícios de habitação. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Universidade do Porto, Porto.

Figueiredo, I. (2016). O que todos precisamos de saber sobre piso radiante!! Disponível em:
https://www.homify.pt/livros_de_ideias/565569/o-que-todos-precisamos-de-saber-sobre-piso-radiante

Francisco, J. C. F. (2015). Eficiência Energética na Rede de Iluminação Pública. Dissertação de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica. Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Leiria, Leiria.

Garrido, E. L. (2010). Conceção e certificação de nova geração de candeeiros de iluminação pública. Dissertação de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

Geocities. (s.d.). Lâmpada incandescente. Disponível em:
<http://www.geocities.ws/saladefisica7/funciona/lampada.html>

Gomes, J. M. S. (2010). Tecnologias de construção associadas aos sistemas sustentáveis de produção de água quente e de climatização em edifícios- estado da arte. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa.

Guide de la fenêtre. (s.d.) Fenêtre PVC, bois ou alu : 5 critères pour choisir. Disponível em:
http://www.guide-de-la-fenetre.com/fenetre_bois_pvc_alu/bois_pvc_alu

Hafeznia, H., Aslani, A. Anwar, S. Yousefjamali, M. (2017). Analysis of the effectiveness of national renewable energy policies: a case of photovoltaic policies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 669-680.

Hamele, H., & Eckardt, S. (2006). Environmental initiatives by European tourism businesses: Instruments, indicators and practical examples. Disponível em: https://destinet.eu/resources/...-various-target-groups/copy_of_environmental-initiatives_en.pdf/download

HDSafe Technologies. (s.d.). Parede montagem sensor cerâmico urinol para homens. Disponível em: <http://pt.electronic-faucet.com/porcelain-urinal/1202300.html>

IPQ (2008). *NP EN 14351-1:2008- Norma de produto, características de desempenho. Parte 1: Janelas e portas pedonais exteriores sem características de resistência ao fogo e/ou de estanquidade ao fumo*. Instituto Português da Qualidade.

Isolani, P. (2008). Eficiência energética nos edifícios residenciais. Disponível em: https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/enerbuilding_portuguese_guide_edificios_residenciais_pt.pdf

Jprojetos. (s.d.). Vidro de Controle Solar que Trabalha a Luminosidade, o Calor e o Conforto do Ambiente Interno. Disponível em: <http://www.jprojetos.com/vidro-de-controle-solar-que-trabalha-a-luminosidade-o-calor-e-o-conforto-do-ambiente-interno/>

Kreider, J. F. (2000). *Handbook of heating, ventilation, and air conditioning*. CRC press.

Leroymerlin. (s.d.). Radiador de água. Disponível em: https://www.leroymerlin.pt/Produtos/Aquecimento-e-Climatizacao/Aquecimento-central/Radiadores/WPR_REF_12773404?gclid=CjwKCAiAwZTuBRAYEiwAcr670eIRSiL96_OtwMSxgUc9qyO0mhcxrfF4XLExRo7jqXqkPFDGUP5LEMxoCvN0QAvD_BwE

Leroymerlin. (s.d.). Torneira de duche MITOS. Disponível em: <http://www.leroymerlin.pt/Site/Produtos/Casa-de-banho/Torneiras/Termostaticas/17944234.aspx>

Leroymerlin. (s.d.). Torneira fechamento automático. Disponível em: https://www.leroymerlin.com.br/torneira-fechamento-automatico-para-pia-de-banheiro-bica-baixa-cromado-pressmatic-compact-docol_86943276

Louçano, N. R. (2009). Eficiência energética em edifícios: Gestão do sistema iluminação. Dissertação de Mestrado em Engenharia Industrial. Instituto Politécnico de Bragança, Bragança.

Luna, T., Ribau, J. Figueiredo, D., & Alves, R. (2019). Improving energy efficiency in water supply systems with pump scheduling optimization. *Journal of Cleaner Production*, 213, 342-356.

Martins, A. M. C. (2009). Reabilitação térmica e energética de vãos envidraçados. (Dissertação de Mestrado em Reabilitação do Património Edificado). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Universidade do Porto, Porto.

Matias, L. & Santos, C. P. (2013). Conforto Térmico Adaptativo no Setor Residencial em Portugal. In Congresso Internacional da Habitação no Espaço Lusofono. Disponível em: http://repositorio.lnec.pt:8080/jspui/bitstream/123456789/1005454/1/Matias_H037cihel02.pdf

McDowall, R. (2007). *Fundamentals of HVAC systems: SI edition*. Academic Press. ISBN: 9780123739988

Ministério da Economia e da Inovação. (2006). Decreto-Lei n.º 78/2006 de 04/04 (Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios, Transposição parcial para a ordem jurídica da Diretiva n.º 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro, relativa ao desempenho energético dos edifícios). Diário da República n.º 67/2006, Série I-A de 2006-04-04. Disponível em: <https://dre.pt/web/guest/pesquisa/-/search/672458/details/normal?q=Decreto-Lei+n.%C2%BA%2078%2F2006>

Ministério da Economia e do Emprego. (2013). Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20/08 (Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação, Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, e transposição da Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios). Diário da República n.º 159/2013, Série I de 2013-08-20. Disponível em: <https://dre.pt/pesquisa/-/search/499237/details/maximized>

Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. (2006). Decreto-Lei n.º 80/2006 de 04/04 (Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)- Diário da República n.º 67/2006, Série I-A de 2006-04-04. Disponível em: <https://dre.pt/pesquisa/-/search/672456/details/maximized>

Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. (2006). Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4/4 (Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios). Diário da República

n.º 67/2006, Série I-A de 2006-04-04. Disponível em: <https://dre.pt/pesquisa/-/search/672459/details/maximized>

Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, da Saúde e da Solidariedade, Emprego e Segurança Social. (2013). Portaria n.º 353-A/2013 de 04/12 (Estabelecimento dos valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, bem como os limiares de proteção e as condições de referência para os poluentes do ar interior dos edifícios de comércio e serviços novos, sujeitos a grande intervenção e existentes e a respetiva metodologia de avaliação). Diário da República n.º 235/2013, 1º Suplemento, Série de 2013-12-04. Disponível em: <https://dre.pt/web/guest/pesquisa/-/search/331868/details/maximized>

Mora, I. G. (2002). Balastro electrónico para lámpara fluorescente basado en un amplificador clase E operando a una frecuencia mayor a 1 MHz. (Dissertação de Mestrado em Engenharia eletrónica). Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Mexico.

Morais, A. S. (2004). Novas topologias, análises, projetos e experimentação de fontes de alta frequência para lâmpadas fluorescentes tubulares. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Lampada-de-vapor-de-sodio-de-baixa-pressao_fig8_305318270

Neto, J. D. (s.d.). Parte III Medidas para o uso eficiente de água. Disponível em: <http://docplayer.com.br/42096650-Parte-iii-medidas-para-o-uso-eficiente-da-agua.html>

Neves, A. C. (2014). Eficiência Energética e Eficiência Hídrica em Edifícios de Habitação: Duas Faces da Mesma Moeda. In 9ªs Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, pp. 79-88. ISBN 978-989-99439-0-2 Disponível em: https://paginas.fe.up.pt/~shrha/publicacoes/pdf/JHRHA_9as/13_ANeves_Efici%C3%AanciaEnerg%C3%A9tica_2.pdf

Neves, M. V. & Martins, D. S. (2009). Uso Eficiente da Água nos Edifícios. Aspectos técnicos, certificação ambiental e incentivos económicos. In 4ªs Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. ISBN 978-989-95557-3-0 Disponível em: https://paginas.fe.up.pt/~shrha/publicacoes/pdf/JHRHA_4as/17_VNeves_UsoEficiented.pdf

Nicolau & Rosa. (s.d.). Fluxómetro compacto urinol 6552180 Benckiser. Disponível em: <https://www.nicolaurosa.com/fluxometrostemporizadas/16336-fluxomcompacto-urinol-6552180-benckiser-4260146236053.html>

OSRAM. (s.d.). Manual luminotécnico prático. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/krlosars/osram-manual-luminotcnico-pratico>

Parlamento Europeu e Conselho Europeu. (2002). Diretiva 2002/91/CE de 16/12 (Desempenho Energético dos Edifícios). Jornal Oficial das Comunidades Europeias. Disponível em: <http://www.ardiagnostic.pt/leis/desempenhoenergeticoedificios.pdf>

Parlamento Europeu e Conselho Europeu. (2010). Diretiva 2010/31/EU de 19/05 (Desempenho Energético dos Edifícios (reformulação)). Jornal Oficial da União Europeia. Disponível em: https://apambiente.pt/_zdata/DAR/Ar%20Interior/Diretiva_2010_31_UE_DesempEnergEdificios.pdf

Passivhaus. (2019). O que são edifícios nZEB? Serão hoje uma realidade?. Disponível em: <http://passivhaus.pt/blog-4-10-O-que-s%C3%A3o-edif%C3%ADcios-nZEB?--Ser%C3%A3o-hoje-uma-realidade?>

Pitéu, J. T. V. (2011) Manutenção das instalações técnicas de um grande edifício. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa.

Planetazul. (s.d.). Minimizar e otimizar o consumo de água em casa. Disponível em: <http://www.planetazul.pt/edicoes1/planetazul/desenvArtigo.aspx?c=2249&a=15762&r=37>

PNUEA. (2001). Programa nacional para o uso eficiente da água. Disponível em: http://apambiente.pt/_zdata/planeamento/pnuea.pdf

Polzin, F., Nolden, C., & von Flotow, P. (2018). Drivers and barriers for municipal retrofitting activities-Evidence from a large-scale survey of German local authorities. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 88, 99-108.

Pordata. (2017). Consumo de energia elétrica: total e por tipo de consumo. Disponível em: <https://www.pordata.pt/Municipios/Consumo+de+energia+el%C3%A9ctrica+total+e+por+tipo+de+consumo-25>

Portal do eletrodoméstico. (s.d.). Poupar água em casa. Disponível em: <http://www.portaldoelectrodomestico.com/Dicasdepoupan%C3%A7a/Poupar%C3%A1guaemcasa/tabid/3668/Default.aspx>

Profelectro. (s.d.). Iluminação: Lâmpada fluorescente-funcionamento. Disponível em: <https://www.profelectro.info/iluminacao-lampada-fluorescente-funcionamento/>

Queirós, M. J. P. (2013). Eficiência Energética na Iluminação Pública. Dissertação de Mestrado em Energias Sustentáveis. Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto.

RCM. (2005). Resolução do concelho de ministros n.º 113/2005. Disponível em: <https://dre.pt/pesquisa/-/search/233732/details/maximized>

Sanitop. (s.d.). Kit poupança água. Disponível em: [https://www.sanitop.pt/portals/1/Imagens/servicos/Downloads/Kit%20Poupanca%20Agua\(l\).pdf](https://www.sanitop.pt/portals/1/Imagens/servicos/Downloads/Kit%20Poupanca%20Agua(l).pdf)

Santos, C. R. A. (2011). Iluminação pública e sustentabilidade energética. Dissertação de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Universidade do Porto, Porto.

Silva, J. (2013). Esquema de princípio de funcionamento hidráulico de uma caldeira de chão para aquecimento de águas sanitárias e aquecimento central por radiadores (doméstico). Disponível em: <http://dicasesquemas.blogspot.com/2013/09/esquema-de-principio-de-funcionamento.html>

Silva, J. C. M. L. (2012). Reabilitação térmica de edifícios residenciais: propostas de intervenção. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa.

Sousa, D. N. (2012). Eficiência Energética na Iluminação Pública. Dissertação de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Universidade do Porto, Porto.

Stec, A. Kordana, S., & Słyś, D. (2017). Analysing the financial efficiency of use of water and energy saving systems in single-family homes. Journal of Cleaner Production, 151, 193-205.

Suspiro, A. (2017). Quase metade da água tratada para uso humano é gasta em regas ou para lavar carros e ruas. Observador, 17/11. Disponível em: <https://observador.pt/2017/11/17/quase-metade-da-agua-tratada-para-uso-humano-e-gasta-em-regas-ou-para-lavar-carros/>

Teixeira, A. (2006). Eficiência energética das instalações de iluminação. Disponível em: http://paginas.fe.up.pt/~arminio/lumiind/Norma_Ilum_Pub_EN13201.pdf.

The singular bathroom. (s.d.). Peças para torneira de cozinha. Disponível em: https://thesingularbathroom.es/bathroom/peças-do-pulverizador-torneira-de-cozinha-pulverizador-fonte-spray-1006.html?__store=pt&__from_store=pt

Vieira, P. Almeida, M. D. C., Baptista, J. M., & Ribeiro, R. (2007). Household water use: a Portuguese field study. *Water Science and Technology: Water Supply*, 7(5-6), 193-202

Vitrállica. (s.d.). Vidro float 3 mm. Disponível em: <http://www.vitralica.pt/vidro-float-3mm>

Wang, S., & Wang, S. (2017). Implications of improving energy efficiency for water resources. *Energy*, 140, 922-928.

Westphal, F. S. (2016). Manual técnico do vidro plano para edificações. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/313693214_Manual_Tecnico_do_Vidro_Plano_para_Edificacoes

Wikipedia. (s.d.). Lâmpadas de vapor de sódio. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/L%C3%A2mpada_de_vapor_de_s%C3%B3dio#/media/Ficheiro:High_pressure_sodium_lamp.svg